



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Arquitectura Tècnica. Pla 1998

Títol: Sistema de façana ventilada lleugera

Document: 1.Generalitats de les façanes ventilades lleugeres

Alumne: Gabriel Odin Venzala Jaume

Director/Tutor: Joan Llorens Sulivera

Departament: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Àrea: Construcció

Convocatòria (mes/any): Juliol/2007

ÍNDEX

Índex

INTRODUCCIÓ

Objectiu del projecte

Documen 1 : Generalitats de la façana ventilada lleugera

1.1. Introducció històrica	Pg. 1
1.2. Definició del sistema	Pg. 3
1.3. Constitució de les façanes ventilades lleugeres	Pg. 5
1.4. Classificació de les façanes lleugeres	Pg. 7
1.4.1. Segons el sistema de subestructura	Pg. 7
1.4.2. Segons el tipus de fixació	Pg. 8
1.4.3. Segons la seva funció	Pg. 9
1.5. La façana com a element constructiu	
1.5.1. Aspectes estètics	Pg. 10
1.5.2. Aspectes tècnics	Pg. 10
1.5.2.1. Prestacions del sistema	
1.5.2.1.1. Requisits d'aïllament	Pg. 10
1.5.2.1.2. Requisits d'estanquitat	Pg. 11
1.5.2.1.3. Requisits de seguretat	Pg. 11
1.5.2.1.4. Requisits de manteniment	Pg. 11
1.5.2.2. Durabilitat de la instal·lació	
1.5.2.2.1. Sol·licitacions mecàniques	Pg. 12
1.5.2.2.2. Efectes atmosfèrics	Pg. 13
1.5.2.2.3. Agents externs fortuïts	Pg. 14
1.6. Elements que formen la façana lleugera	Pg. 15
1.6.1. La fulla interior	Pg. 15
1.6.1.1. Materials	
1.6.1.2. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.2. La subestructura	Pg. 17
1.6.2.1. Materials	
1.6.2.1.1. Perfils d'alumini	
1.6.2.1.2. Perfils d'acer i acer inoxidable	
1.6.2.2. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.3. Els ancoratges	Pg. 26
1.6.3.1. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.4. Les unions	Pg. 28
1.6.4.1. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.5. L'aïllament	Pg. 31
1.6.5.1. Materials	
1.6.5.2. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.6. La cambra	Pg. 33
1.6.6.1. Criteris de disseny i recomanacions	
1.6.7. El revestiment exterior	Pg. 34
1.6.7.1. Materials	
1.6.7.2. Criteris de disseny i recomanacions	

1.7. Marc normatiu	Pg. 36
1.7.1. A nivell europeu	
1.7.2. A nivell estatal	
1.7.3. A nivell autonòmic	
1.8. Exigències i requisits normatius segons la UNE-13830.	Pg. 39
1.8.1. Resistència a la càrrega de vent	Pg. 39
1.8.1.1 Especificacions de la càrrega de vent al CTE	
1.8.2. Pes propi	Pg. 40
1.8.2.1 Especificacions del pes propi al CTE	
1.8.3. Resistència al impacte	Pg. 42
1.8.3.1 Especificacions al CTE	
1.8.4. Permeabilitat al aire	Pg. 43
1.8.4.1 Especificacions al CTE	
1.8.5. Estanquitat al aigua	Pg. 44
1.8.5.1 Especificacions al CTE	
1.8.6. Atenuació al so aeri	Pg. 50
1.8.6.1 Especificacions al CTE	
1.8.7. Transmissió Tèrmica	Pg. 52
1.8.7.1 Especificacions al CTE	
1.8.8. Resistència al foc	Pg. 55
1.8.8.1 Especificacions al CTE	
1.8.9. Reacció al foc	Pg. 56
1.8.10. Altres requeriments importants	Pg. 56

Document 2 : Exemple de resolució d'un edifici amb el sistema façana ventilada lleugera

2.1. Descripció de l'edifici	Pg. 58
2.2. Definició dels paràmetres	Pg. 58
2.3. Càlculs:	Pg. 60
2.3.1. Resistència mecànica dels perfils.	Pg. 61
2.3.2. Contracció tèrmica dels perfils	Pg. 62
2.3.3. Fitxes justificació acústica.	Pg. 63
2.3.4. Fitxes justificació demanda energètica	Pg. 64
2.4. Control de Qualitat	Pg. 66
2.4.1. Control de documentació	Pg. 66
2.4.2. Control de recepció de materials	Pg. 66
2.4.3. Control d'execució – PPI	Pg. 67
2.5. Seguretat i Salut	Pg. 73
2.5.1. Estudi Bàsic de Seguretat i Salut	Pg. 73
2.5.2. Anàlisi de riscos més freqüents	Pg. 74
2.5.3. Normes bàsiques de seguretat	Pg. 74
2.5.4. Proteccions personals	Pg. 75
2.5.5. Maquinari i Eines	Pg. 76
2.5.6. Mitjans auxiliars	Pg. 78
2.5.7. Normativa legal d'aplicació	Pg. 80
2.6. Avantatges i inconvenients del sistema	Pg. 83
2.7. Conclusions i agraïments.	Pg. 86

Document 3 : Plànols

Document 3.1: Projecte Bàsic
Document 3.2: Modulació Façanes
Document 3.3: Replanteig Estructura
Document 3.4: Detalls Constructius

Document 4: Bibliografia i Annexes

INTRODUCCIÓ

INTRODUCCIÓ

Objectiu del projecte:

L'objectiu del següent projecte és estudiar el sistema constructiu façana ventilada lleugera, estructurant-lo en dues parts:

- Una primera part a mode de monogràfic del sistema constructiu en qüestió, acaparant termes com; els antecedents històrics del sistema, la descripció i definició del sistema de manera generalitzada que permeti el coneixement i les característiques principals dels elements que componen el sistema constructiu, la constitució del sistema, els diferents tipus de classificacions, el marc normatiu i les exigències funcionals i els requeriments normatius del sistema en qüestió.

- I una segona part consistent en la resolució de les façanes d'un edifici plurifamiliar a mode d'exemple amb el sistema constructiu estudiat, en aquest cas la façana ventilada lleugera. Definint els tipus de materials que s'empraran en cada cas, així com el tipus de sistema que s'utilitzarà, a més de la realització dels càlculs necessaris per garantir les exigències i els requeriments tant en termes d'estabilitat estructural (inèrcia dels perfils), com de compliment de requeriments tèrmics i acústics. A més de la resolució dels plànols de façana acotats, i de tots els punts singulars.

El fet que és tracti d'un sistema relativament nou és una de les causes principals que m'han portat a escollir-lo com a tema del projecte.

El sistema façana ventilada lleugera és un sistema molt modern i generalment està format per dos murs cortina, o un mur cortina a l'exterior i un altre tipus de tancament a l'interior. Aquesta última variant que ofereix el sistema serà l'objecte d'estudi d'aquest projecte, i més concretament aquella que el mur cortina és revesteix amb panells opacs.

Per assolir l'objectiu requerit s'ha recopilat i consulta informació i documentació tècnica diversa, tant de les biblioteques dels col·legis professionals d'Arquitectes Tècnics i Arquitectes, com la de la pròpia Universitat de Girona, així com la informació de les cases comercials, fabricants, productors i distribuïdors de la tecnologia estudiada.

Aquesta recopilació s'ha portat a terme a través, tant dels recursos informàtics, com dels catàlegs tècnics i dels comercials de la província, a més també s'ha consultat diversa bibliografia.

1. GENERALITATS DE LA FAÇANA VENTILADA LLEUGERA

1. GENERALITATS DE LA FAÇANA VENTILADA LLEUGERA

1.1. Antecedents històrics

El període de la revolució industrial fou un període de canvis en l'arquitectura i en la construcció, l'aparició de nous materials com el formigó armat, i els perfils metàl·lics varen canviar la visió dels arquitectes pioners de l'època i varen comportar l'aparició de noves tècniques constructives.

L'aparició d'una nova tècnica constructiva no és una invenció instantània, sinó que respon a un llarg procés de maduració d'unes idees, que amb l'aparició de nous materials i gràcies a l'evolució tecnològica, troba els mitjans per poder desenvolupar-se.

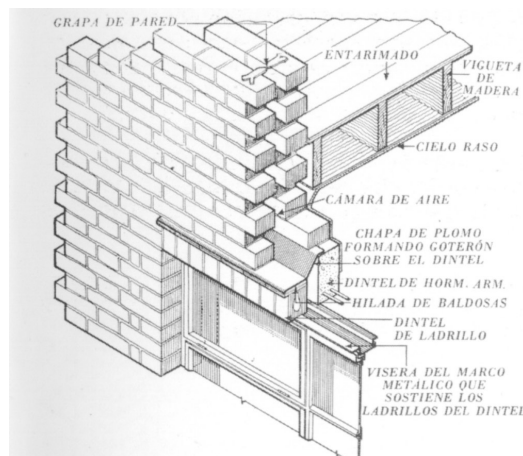
Un dels canvis més significatius de l'arquitectura moderna envers la tradicional, fou el nou concepte de tancament. Es buscava un tancament capaç d'assumir l'estructura d'esquelet que plantejaven els arquitectes en les primeres dècades del segle.

La façana devia ser autoportant i lleugera, es buscava per tant un tancament capaç d'assumir l'estructura d'esquelet plantejada, que fos lleuger, de poc espessor, multi-capa i que complís les exigències de tot tancament: Impermeabilitat, estanquitat i aïllament tèrmic i acústic.

Però la carència d'un sistema industrialitzat que permetés resoldre els requeriments del tancament, i els seus principals ideals, lleugeresa, industrialització i modernitat que buscaven els pioners, es presentà com la carència més comú.

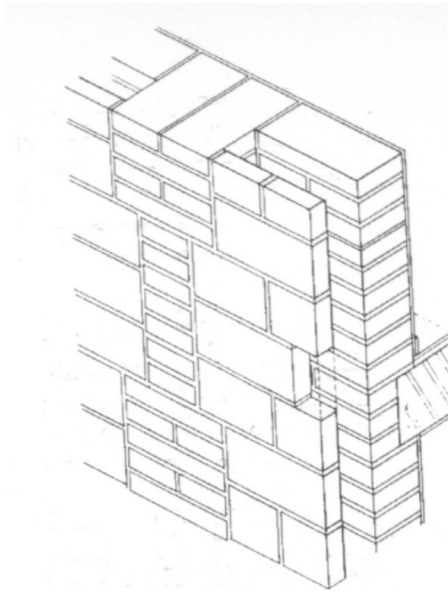
Inicialment existien tècniques constructives que podien marcar les pautes per aconseguir al tancament que es buscava. La construcció amb fusta, d'amplia tradició al món anglosaxó i nòrdic, el "cavity wall" anglès i altres tècniques constructives pròpies del mediterrani com serien l'envà pluvial, o les terrasses a la catalana – amb cambra ventilada –.

• **El cavity wall angles:** Es tracta d'un mur de dues fulles amb cambra ventilada entre ells. La fulla interior és portant, i per tant està insertada entre forjats. L'exterior s'uneix a ella mitjançant ancoratges d'acer. L'alçada d'aquest mur tradicional es limitava a tres plantes. La missió de la cambra en aquest model anglosaxó és la d'evacuar les humitats que travessin la fulla exterior.



"CAVITY WALL" ANGLES

· **L'envà pluvial:** En els nostres climes la cambra ventilada sempre s'ha utilitzat per protegir les mitgeres. És una solució idònia ja que a l'evacuació de les aigües per ventilació, si afegeix la protecció solar dels elements interiors. El suport de l'envà s'ha fet tradicionalment amb massissos de rajol, volats respecte al mur mitjaner interior.



ENVÀ PLUVIAL

El rajol ceràmic ha estat sempre present en la història de l'arquitectura. La seva importància bé donada per la seva facilitat d'obtenció, transport i fabricació. Al llarg de la història les dimensions de les peces s'han adaptat en funció del tipus d'argila i segons l'evolució dels processos de cocció.

La progressiva evolució de la façana, junt amb la pèrdua de la seva capacitat portant per a convertir-se en una pell, han marcat el desenvolupament de noves tècniques constructives que cada vegada estan més lligades als processos industrials.

Una important evolució en façana ventilada ha estat la substitució de la fulla exterior de fàbrica pesada de rajol recolzada als forjats, per unes peces suportades per una estructura auxiliar. La voluntat de superar la construcció artesana de la fulla exterior i alliberar la façana de la resta, està impulsant l'evolució cap a solucions tècniques per alleugerir i desvincular la fulla exterior.

En l'actualitat gràcies al avanç tecnològic i a la industrialització, ja disposem d'una gran varietat de materials que donen solució als requeriments del sistema, oferint infinitats de possibilitats tant en acabats com en sistemes d'execució.

1.2. Definició del sistema

El sistema de façana ventilada es tracta d'un sistema de tancament de façana multicapa, és a dir, que el formen varies fulles o capes. La seva principal característica és la de crear una cambra d'aire en moviment, entre la fulla interior i l'exterior creant un "matalàs tèrmic".

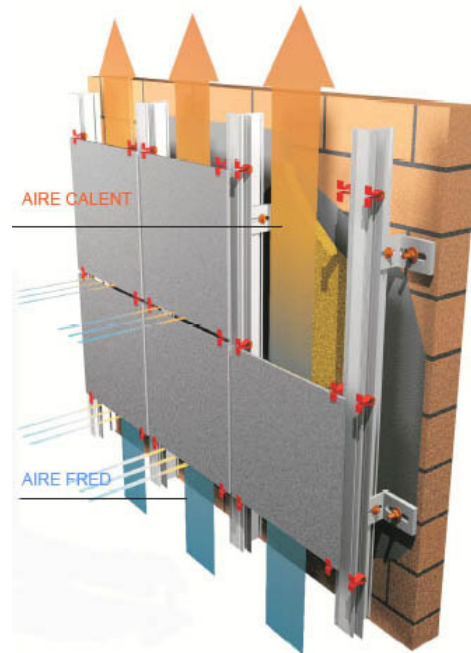
L'objectiu primordial d'aquest tipus de tancament és el de crear un "efecte xemeneia o trombe", efecte que es produeix per la convecció de l'aire.

La radiació solar escalfa l'aire de la cambra, aquest aire calent és de menor densitat, això produeix que el flux més fred circuli cap avall i el més calent cap amunt, produint una corrent ascendent.

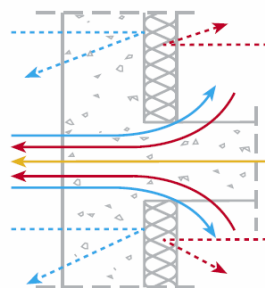
Aquest efecte garanteix una reducció considerable en les transmissions tèrmiques cap a l'interior de l'edificació, tant en estacions càlides com en les fredes, reduint així el consum energètic ocasionat pel condicionament dels interiors, contribuint d'alguna manera a la viabilitat energètica i ecològica de les edificacions.

Aquest sistema ofereix grans avantatges tèrmiques als edificis, ja que possibilita la col·locació de materials aïllants sobre la fulla interior, generant noves prestacions tant tèrmiques com acústiques.

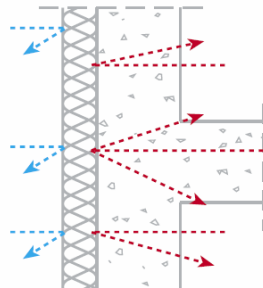
Aquest tipus de sistema amb aïllament per l'exterior és una bona solució als ponts tèrmics i proporciona una protecció addicional contra els agents atmosfèrics.



Eliminació ponts tèrmics



Aïllament Interior.



Aïllament Exterior.

La façana ventilada és un sistema articulat, per lo que a l'hora d'escollir la seva utilització, s'hauran de conèixer les característiques de les distintes capes funcionals que la formen.

La façana ventilada lleugera està formada per una fulla interior de tancament, a la que se li encomana l'estanquitat a l'aire, un material aïllant i una fulla o pell de revestiment exterior que dona la planeïtat i l'aspecte exterior a la façana, entre les dues fulles és crea una cambra d'aire ventilada que ofereix grans prestacions tèrmiques als edificis.

La fulla interior i la fulla exterior tenen missions i relacions diferents. La fulla interior s'ha d'entendre com un element que forma part del conjunt solidari de l'edifici, sigui portant o no. Mentre que la fulla exterior, s'ha d'entendre com un sistema independent, és a dir que no contribueix a augmentar la resistència de l'estructura sinó que gravita sobre ella, com un mur cortina o façana lleugera.

La fulla exterior en el sistema de façana ventilada lleugera està formada per panells o plaques prefabricades unides a l'estructura de l'edifici mitjançant una subestructura auxiliar.

Aquesta subestructura ha d'estar concebuda per poder resistir per ella mateixa les accions que gravitin sobre ella.

La façana ventilada lleugera és aquella en la que el pes de la façana adopta valors molt reduïts, de l'ordre de 50 a 70 Kg/m², i amb un gruix del paquet ventilat que està al voltant dels 10-15cm.

La norma UNE –EN 13830 defineix la façana lleugera com:

“conjunt d'elements verticals i horitzontals connectats conjuntament i ancorats a l'estructura de l'edifici i reomplerts per formar una superfície continua, lleugera i limitant l'espai, que aporta, per ella mateixa o conjuntament amb l'estructura del edifici, totes les funcions normals d'un mur exterior, però no assumeix característica alguna de suport de càrrega de l'estructura de l'edifici.

Per tant cal estudiar la façana envers dos punts, per una banda que la fulla exterior compleixi les exigències que marca la norma UNE-EN 13830 “*Fachadas Ligeras. Norma de producto*”, i que el sistema que forma amb la fulla interior i l'aïllament compleixi les exigències bàsiques de qualssevol tancament, que recull el CTE (Codi Tècnic de l'edificació), per tal de garantir els requisits bàsics establerts en la LOE (Llei d'Ordenació de l'Edificació).

1.3. Constitució de la façana ventilada lleugera

La façana ventilada lleugera és així un sistema articulat, que està configurat per varies fulles. Per tant haurem de conèixer les característiques de les distintes capes funcionals i dels elements que la formen i analitzar els aspectes i requisits de cada una de les capes.

D'alguns elements caldrà que analitzem amb deteniment les seves avantatges i prestacions, mentre que en altres, bastarà amb tenir una breu descripció, el que no significa que siguin de menor importància.

Els elements que configuren la façana ventilada lleugera són els següents:

- **La fulla interior:** La fulla interior o suport és un element que forma part del conjunt solidari de l'edifici, pot ésser portant i rebre la càrrega dels forjats o pot ser simplement un tancament. En qualssevol dels casos estarà insertada entre els elements estructurals. La unió amb aquests haurà de garantir una certa estanquitat a l'aire, però sobretot és el tancament de l'espai interior i un suport estabilitzant del revestiment interior, l'aïllament i de la fulla exterior.

- **La subestructura:** És el mitjà de connexió del revestiment lleuger amb l'element de tancament o estructural de l'edifici, tot i que el sistema ofereix múltiples possibilitats en quant al disseny, generalment està formada per perfils verticals o muntants i perfils horitzontals o travessers, que formant una retícula s'uneixen a la fulla interior i a l'estructura de l'edifici a través dels ancoratges.

- **Els ancoratges:** Els ancoratges són els elements de fixació que connecten la façana lleugera amb l'estructura portant de l'edifici i/o amb la fulla interior, i a través dels quals es transmetran les càrregues degudes principalment a l'acció del vent i al pes propi. És per això que han de dimensionar-se degudament per respondre aquestes sol·licitacions. Per corregir les desviacions provocades per cantells de forjats, desnivells, etc. Els ancoratges o mènsules permeten la regulació en les tres dimensions i es distingeixen entre fixes o lliscants en funció de si permeten la dilatació o no.

- **Les unions:** Al igual que els ancoratges les unions, poden ser fixes o lliscants. Les unions fixes s'utilitzen per ancorar els travessers als muntants. Mentre que les lliscants tenen la seva aplicació en la junta de dilatació.

La missió dels ancoratges i les unions és immobilitzar entre si la resta d'elements que formen la façana, i alhora unir-la als elements resistents de l'estructura general de l'edifici.

- **Les finestres:** Són els elements practicables de la façana, entenem per element practicable, aquell sistema que permet l'obertura de manera que s'introdueix un forat a la façana, a través del qual es pot ventilar i il·luminar l'interior.

- **L'aïllament:** És l'element que més incidència tindrà, junt amb la fulla interior per assegurar el compliment de les exigències tèrmiques i acústiques del tancament. A més l'aïllament té una missió protectora molt important, a la cambra ventilada degut a la circulació de l'aire si poden produir condensacions, aquest protegeix la fulla interior evitant així condensacions a l'interior.

- **La cambra ventilada:** La cambra ventilada és l'espai que es forma immediatament darrere la fulla exterior. A la cambra se li encomana en gran part les dues missions principals de la façana: l'estanquitat i la protecció tèrmica. A la primera contribueix evacuant l'aigua que pugui penetrar a través de la fulla exterior i a la segona gracies a la convecció de l'aire.

· **El revestiment exterior:** És l'element que revesteix l'edifici, la seva funció és la de caracteritzar l'estètica de la façana, així com protegir l'aïllament i la fulla exterior dels agents atmosfèrics-contaminants i contribuir a obtenir millors resultats. Existeixen gran varietat de materials en revestiments per a façanes lleugeres, que és subministren en forma de placa, planxa o panells, segons sigui el material.

Direm, doncs que el sistema façana ventilada lleugera, està constituït per un conjunt d'elements que interaccionen entre ells, configurant el tancament. Per tant com he explicat abans haurem de conèixer quines són les característiques dels elements que la componen i quins són els requeriments de cadascuna de les capes funcionals, és per aquest motiu que caldrà conèixer els requeriments normatius per assolir les exigències del tancament.

1.4. Classificació de les façanes ventilades

Partint dels diversos elements abans enunciats es poden generar múltiples combinacions de façanes ventilades lleugeres, que donarien lloc a varies classificacions envers els següents criteris:

- Segons el sistema de subestructura
- Segons el tipus de fixació
- Segons la seva funció

1.4.1. Segons el sistema de subestructura

· **Sistema muntants i travessers:** Aquest sistema consisteix en formar una subestructura de perfils metàl·lics tant en sentit vertical com horitzontal, units a través dels ancoratges a l'estructura de l'edifici o a la fulla interior.

Aquest sistema presenta dues variants:

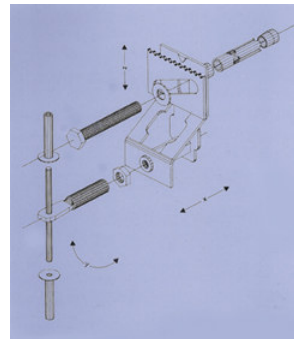
- ✓ En la primera la unió del revestiment exterior amb la subestructura es porta a terme mitjançant grapes de fixació vistes o ocultes, fixades als travessers horitzontals.
- ✓ En la segona la unió del revestiment exterior es porta a terme directament amb el perfil horitzontal, mitjançant perfils especials per a fixació oculta.

· **Sistema muntants verticals:** Aquest sistema consisteix en executar la subestructura tan sols amb muntants verticals. La unió del revestiment exterior es porta a terme mitjançant grapes de fixació, reblons o cargols autoroscants.



· **Sistema sense subestructura:** Tot i que encara no és molt habitual, és comencen a comercialitzar sistemes de façana ventilada lleugera sense subestructura. La unió del revestiment exterior és dur a terme amb ancoratges especials que es fixen directament a l'estructura de l'edifici o a la fulla interior, aquests ancoratges permeten la regulació en les tres direccions i hauran de suportar les accions dels elements que fixen i la càrrega de vent que incideix a la façana.

ANCORATGE PER A SISTEMA
SENSE SUBSTRUCTURA

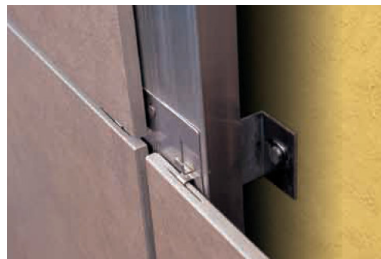


1.4.2. Segons el tipus de fixació

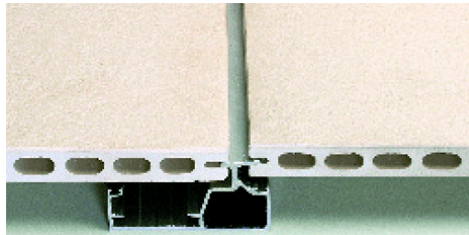
- **Fixació vista amb cargol o reblons:** Aquest sistema consisteix en fixar el revestiment exterior directament als perfils amb cargols autoroscants o reblons.

- **Fixació grapa vista:** Aquest sistema de fixació consisteix en fixar els panells o plaques de revestiment exterior amb unes grapes de fixació que queden vistes. Aquestes grapes es fixen a la subestructura amb cargols autoroscants o mitjançant reblons.

- **Fixació grapa oculta:** Aquest sistema consisteix a l'igual que l'anterior en fixar els panells a la subestructura mitjançant grapes de fixació, però en aquest cas les grapes queden ocultes. Existeixen varis tipus de grapa per a fixació oculta en funció del tipus de panell a col·locar.

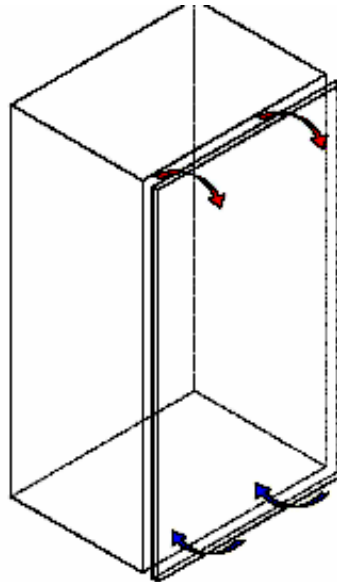


- **Fixació amb perfil horitzontal ocult:** Aquest sistema consisteix en fixar el panells mitjançant perfils horitzontals, que quedaran ocults.



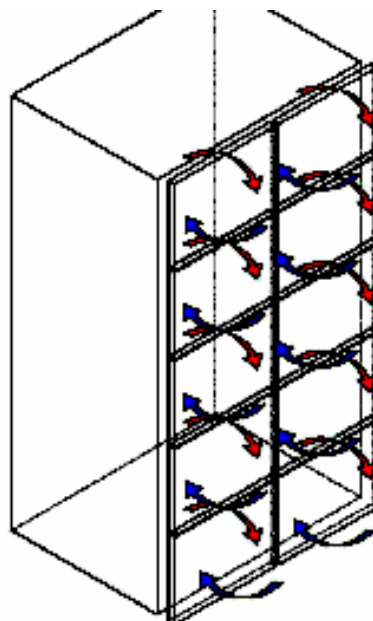
1.4.3. Segons la seva funció

· **Façana doble pell ventilada:** És la façana en la que existeix una entrada d'aire inferior (coincidint generalment amb el arranc de la façana) i una sortida d'aire superior (coincidint generalment amb la coronació), no existint particions horitzontals en tota l'alçada de la façana, però sí divisions verticals (coincidint amb cada muntant). La ventilació de la cambra és produeix per convecció natural o per mitjans mecànics.



Façana doble pell ventilada

· **Façana doble pell respirant:** Façana en la que existeixen entrades d'aire inferiors i sortides d'aire superiors per cada mòdul de placa o panell, és a dir, existeixen particions horitzontals i verticals coincidint amb cada travesser i cada muntant. Per tant la ventilació és produeix en cada mòdul, essent aquesta per convecció natural.



Façana doble pell respirant

1.5. La façana com a element constructiu

La funció principal d'una façana és la separació física dels ambients interiors i exterior d'una edificació. Sota aquesta definició aparentment senzilla del concepte de façana, si amaguen una sèrie de condiciona'n's, tant estètics com tècnics, que haurem de tenir en compte en el disseny estructural i arquitectònic de la façana, per garantir el correcte funcionament dels elements que la componen.

1.5.1. Aspectes Estètics

- **Modularitat:** Les superfícies poden ésser revestides amb materials de dimensions uniformes. Però la gran varietat de productes, i l'existència de sistemes modulars, és a dir, conjunt de peces d'una mateixa sèrie realitzats en diferents formats que són modulars entre si, permet realitzar un interessant joc de combinacions, que donen una estètica singular a la façana.

- **Tractament superficial:** El tractament superficial del material que revesteix la façana és un aspecte estètic que cal tenir en compte. Superfície plana o amb relleu, brillant o mat, determinen la sensació tàctil, des de les càlides superfícies rugoses a les suaus superfícies llises. Però també ens afectarà la sensació visual, ja que al variar la incidència de la llum, és creen nous jocs estètics.

- **Combinabilitat i color:** Més enllà de la combinació de formats, existeix la possibilitat de combinar un, dos, o més colors, i inclús material. Donant joc a un conjunt d'opcions que conferiran un determinat caràcter a l'obra arquitectònica.

1.5.2. Aspectes Tècnics

A l'hora de dissenyar e instal·lar una façana ventilada lleugera, és necessari tenir en compte les interaccions que és produeixen entre els components de la mateixa, per garantir un adequat nivell de prestacions i durabilitat de la instal·lació.

1.5.2.1 Prestacions del sistema constructiu

Les distintes funcions que ha de satisfer la façana d'una edificació es poden englobar en quatre grans categories: aïllament, estanquitat, seguretat i facilitat de manteniment.

1.5.2.1.1. Requisits d'aïllament

Pel que respecte a les condicions d'aïllament, necessàries per garantir unes condicions òptimes d'habitabilitat en l'habitatge s'han de tenir en compte algunes consideracions entre les que cal destacar:

- A) Aïllament Tèrmic:** El disseny de la façana haurà de contemplar els requisits de conservació d'energia i control del flux de calor a través del tancament, per garantir el rendiment adequat de la envoltant tèrmica de l'edifici. Els requisits de disseny es detallen al document bàsic DB-HE del CTE.

Tot i que en principi la utilització de materials amb coeficients de conductivitat tèrmica reduïts millora el comportament tèrmic de la façana, l'aïllament de l'edificació bé limitat pel disseny global de l'edifici, principalment per la presència d'obertures en el tancament (finestres, etc.) .

A més cal tenir en compte l'aportació de la cambra ventilada en aquest aspecte, a la cambra ventilada és produeix la convecció de l'aire, aquesta convecció

regula la temperatura dintre de la cambra disminuint el flux de calor que és transmet cap a l'interior, per contra a l'hivern, aquesta convecció no és produeix tant fàcilment, degut a les inferiors temperatures, és per això que l'aire de la cambra es va escalfant mica en mica, creant una mena de matalàs tèrmic.

que constitueixen els punts crítics de flux de calor. Tot i així els sistemes en façana ventilada aporten una millora sensible, ja que permeten disposar d'una capa continua d'aïllament exterior, entre el suport i el revestiment exterior.

B) Aïllament acústic: Els materials emprats en el recobriment de façanes deuen presentar una adequada resistència a la transmissió d'ones sonores, que permeti un nivell d'insonorització suficient als recintes interiors, especialment en edificis d'habitatges. Els requisits per garantir el comportament acústic es detallen a la Norma Bàsica de l'Edificació NBE CA-88, vigent fins a l'aprovació del document bàsic relatiu al soroll el DB-HR.

1.5.2.1.2. Requisits d'estanquitat

Un altre dels aspectes importants que han de garantir els recobriments exteriors d'una façana és la seva capacitat per evitar l'absorció i retenció d'humitats, no tan sols per raons de conservació de l'edificació, si no perquè la presència d'humitat empitjora el comportament tèrmic i higiènic de la instal·lació. La impregnació amb aigua dels materials aïllants redueix notablement la seva capacitat de limitar el flux d'energia entre interior i exterior, generant elevades pèrdues tèrmiques, a més la presència d'humitat afavoreix el desenvolupament de gèrmens, fongs i facilita el deteriorament estètic de la façana degut a l'aparició de taques superficials, molt característiques en revestiments porosos.

1.5.2.1.3. Requisits de seguretat

Els requisits de seguretat han començat a adquirir una importància rellevant a rel de la publicació de la Directiva Europea de Productes de Construcció CPD 89/106/ECC, que estableix el compliment d'uns valors mínims respecte dels requisits essencials definits per a cada tipus de producte i utilització.

Entre les característiques associades s'hauran de tenir en compte les següents:

- Incombustibilitat i absència de perillositat en cas d'incendi.
- Seguretat elèctrica.
- Asèpsia i resistència als agents biològics.
- Estabilitat estàtica

1.5.2.1.4. Requisits de manteniment

A l'hora d'avaluar els requisits de manteniment, la neteja periòdica haurà de considerar-se a efectes de prevenció de riscos contra la salut dels ocupants. Els materials emprats hauran de garantir una adequada capacitat per preservar-se contra la retenció de brutícia o de qualssevol tipus de contaminant.

Per una altra banda hem de tenir en compte el comportament dels elements que configuren la façana davant els agents atmosfèrics, i la possible necessitat de tractaments posteriors.

1.5.2.2 Durabilitat de la instal·lació

La decisió d'escollir un determinat material pel recobriment d'una façana, comporta no solament, l'exigència que el producte presenti un conjunt de prestacions adequades a les condicions d'utilització previstes, si no que a més, la seguretat que aquestes característiques es mantindran inalterades durant en període de temps prolongat.

Son molt variades les accions que ha de suportar el sistema constructiu, originades en algunes ocasions per les interaccions entre els propis elements que els constitueixen, i en altres casos per accions externes a l'element constructiu. En termes generals, aquests mecanismes poden ordenar-se en tres categories: Sol·licitacions mecàniques, efectes atmosfèrics i agents externs fortuïts.

1.5.2.2.1. Sol·licitacions mecàniques

Dintre d'aquesta categoria si engloba una ampla diversitat d'efectes mecànics, que no sempre poden assignar-se a una causa única, ja que en la majoria dels casos són el resultat de la suma de diferents accions simultànies.

El seu anàlisi es pot reduir de forma general a l'avaluació de les tensions generades en el sistema degudes al moviment d'alguns dels seus components, bé per accions mecàniques externes a la instal·lació o per la contracció o dilatació d'algun element constituent. Entre els casos més habituals destaquen els següents:

A) Tensions generades per moviments de l'estructura de l'edifici:

El sistema que sustenta la instal·lació, normalment constituït per formigó, pot presentar moviments significatius derivats de la contracció de l'estructura, que es prolonga durant varis anys després de l'execució de l'estructura, o també originats pels assentaments diferencials del terreny sobre el que s'eleva l'edificació.

En la majoria dels casos, el projecte d'edificació prescriu les juntes estructurals de moviments per prevenir els efectes de les tensions generades per aquests fenòmens, pel que les patologies associades a ells són escasses i en general no afecten a la seguretat de la instal·lació, però aquests moviments es poden transmetre a la resta d'elements constructius generant tensions, que poden produir rotures i desprendiments dels components de la façana.

Per evitar-ho, han d'existir juntes de moviment, coincidint amb les projectades per l'estructura de l'edifici, en totes les capes que conformin el sistema de façana, els quals es remataran amb materials d'elasticitat duradora per garantir una estankitat adequada.

B) Moviments associats a canvis tèrmics:

A l'hora d'avaluar els canvis dimensionals derivats de la contracció i/o dilatació deguda als canvis de temperatura, és important garantir la compatibilitat dels elements que componen el sistema constructiu, que han de presentar coeficients de dilatació similars, o en cas contrari, establir els mecanismes d'absorció òptims per evitar l'acumulació de tensions.

Normalment, mitjançant la utilització de capes de separació, adhesius deformables i juntes perimetrals en els punts de trobament entre materials de distint comportament, es poden absorbir els canvis dimensionals sense produir esforços significatius.

C) Moviments derivats de l'activitat pròpia dels materials:

Aquests efectes s'han de tenir en compte principalment en aquells elements realitzats en formigó, que patiran una contracció derivada de la hidratació del ciment. La quantia total de la mateixa dependrà de molts factors (relació aigua/ciment, tipus de ciment i granulometria, etc.). La contracció principal es produeix durant els sis primers mesos, depenent de la zona climatològica, el fenomen pot persistir durant dos anys.

D) Accions mecàniques externes:

Entre les forces que ha de suportar el sistema de paret de façana destaca l'efecte de la pressió del vent i el del pes propi.

En zones geogràfiques de molt de vent i edificis de molta envergadura, es poden produir tensions elevades en els elements de la façana.

Per una altra banda el pes propi dels materials pot produir deformacions al llarg de la vida de l'estructura (fletxa diferida) que pot arribar a triplicar les fletxes.

1.5.2.2.2. Efectes atmosfèrics

Entre el conjunt d'accions climatològiques que hauran de suportar el revestiment de la façana, distingirem:

A) Penetració i impregnació amb aigua:

La pluja és el mecanisme principal d'aportació d'aigua al sistema de façana, tot i que en algunes zones geogràfiques la pròpia humitat ambiental pot tenir una contribució significativa. En principi els materials emprats han de presentar una capacitat d'absorció d'aigua reduïda, i el conjunt del sistema ha de garantir l'estanquitat, per evitar l'alteració de les condicions inicials d'aïllament i prevenir la degradació i/o corrosió d'alguns dels elements integrants del sistema de façana (aïllament, corrosió de perfils, etc.).

B) Reactivitat:

Reactivitat davant agents contaminants atmosfèrics. L'acció de les substàncies volàtils presents en l'aire, principalment en grans ciutats i zones industrials, pot provocar alteracions superficials en el recobriment de la façana (ex.: degradació química de la pedra per pluja àcida) així com canvis d'aspecte exterior degut a la retenció de brutícia.

C) Canvis en la temperatura ambient

A més dels fenòmens de dilatació tèrmica diferencial abans exposats, han de tenir-se en compte els efectes associats a canvis bruscos de temperatura i a la congelació de l'aigua en zones geogràfiques amb risc de gelada. En el supòsit de façanes sotmeses a temperatures inferiors a 0°C, a més d'emprar materials amb porositat interna reduïda, haurem de garantir l'estanquitat (juntas impermeables, remats superiors, etc.) per evitar la penetració d'aigua i la formació de gel en la paret interior.

D) Efectes de la radiació solar:

Els nivells d'insolació que reben les façanes, principalment les que presenten orientació sud, a més de produir variacions dimensionals deguts a l'increment de la temperatura, poden degradar la superfície de la façana provocant canvis de color molt significatius en alguns tipus de revestiment.

1.5.2.2.3. Agents externs fortuïts

A més dels diferents tipus d'accions derivades de les condicions habituals de funcionament del sistema de façana, es deuen de tenir en compte el comportament davant agressions fortuïtes derivades de sinistres o accions incontrolades. S'han de considerar:

A) Tensions generades per vibració:

Aquests fenòmens s'han de tenir en compte principalment en zones geogràfiques amb risc sísmic. També és recomanable tenir en consideració aquest efecte en zones susceptibles de vibracions, degudes al transit de vehicles com per exemple trens, tramvies, metros, o altres aparells que pugin produir i vibracions i transmetre-les a l'estructura de l'edifici.

B) Comportament davant el foc:

A més dels requisits relatius a la reacció al foc i capacitat de propagació, haurà de tenir-se en compte el comportament dels materials, respecte a l'alteració de les seves propietats en cas d'incendi, a efectes de la Directiva Europea de Productes de Construcció CPD 89/016/ECC

C) Agressions externes:

Entre les possibles accions externes incontrolades que podria suportar la façana, destaquen per la seva major probabilitat les relacionades amb l'alteració estètica de la mateixa (pintades amb "spray", col·locació cartells, embrutiment general).

1.6. Elements de la façana ventilada lleugera.

1.6.1. La fulla interior

La fulla interior és l'element al que se li encomana la missió de tancar l'espai interior, aquesta fulla forma part del conjunt solidari de l'edifici. Pot ésser portant i rebre la càrrega dels forjats o pot ser simplement un tancament, la unió d'aquest element amb els elements estructurals haurà de garantir una certa estanquitat.

Aquest element a més de tancar l'espai interior també, ens serveix com suport estabilitzant del revestiment interior, l'aïllament i de la pell de revestiment exterior

1.6.1.1 Materials

En l'actualitat, trobem diferents tipus de materials al mercat que ens serveixen per resoldre els requeriments de la fulla interior, però ens centrarem en les tres opcions que més és repeteixen:

- Rajol ceràmic
- Bloc de formigó
- Bloc de termoargila

A) Rajol ceràmic:

La primera opció consistiria en resoldre el tancament amb rajol ceràmic, massís o perforat, el més habitual és que és resolt amb rajol ceràmic del tipus perforat "Gero" d'un mínim de deu cm. d'espessor, tot i que és més habitual recorre als quinze cm. sobretot si s'han d'incloure instal·lacions.

Aquests tipus de tancament és un bon suport pel revestiment interior a base de guix, i es poden passar instal·lacions amb facilitat.



B) Bloc de formigó:

Una altra alternativa vàlida seria resoldre el tancament amb blocs de formigó d'un mínim de deu cm. Aquesta opció és molt habitual en països de poca tradició ceràmica, com els Estats Units.

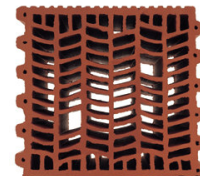
En aquesta alternativa es casi obligat utilitzar el cartró guix com a revestiment interior.



C) Bloc de termoargila:

El bloc de termoargila és un bloc ceràmic de baixa densitat amb unes característiques especials, es tracta d'un material adient per a l'execució del tancament, sobretot quan es busca augmentar la resistència tèrmica i acústica de la fulla interior.

En l'execució del tancament amb bloc de termoargila, s'haurà de tenir especial cura en les juntes horitzontals.



D) Formigó armat:

Resoldre el tancament amb murs de formigó armat també és una pràctica habitual, és una fixació excel·lent per als ancoratges.

1.6.1.2 Criteris de disseny i Recomanacions

- Quan l'element de tancament sigui portant s'haurà d'ajustar a les exigències que marcà el CTE, per tal de garantir els requisits bàsics de seguretat estructural. (DB SE).
- A l'hora d'escollir el material per a resoldre el tancament un paràmetre a tenir en compte és la resistència tèrmica del material, ja que l'aportació d'aquest element a la resistència tèrmica total de la façana és molt important.
- Un altre paràmetre important per l'elecció del material és el tipus de revestiment interior, ja que aquest en serà la base.
- També és important saber si hem de passar instal·lacions o no.
- Al tractar-se d'un sistema amb cambra ventilada, a l'interior de la cambra es poden produir condensacions, per evitar les filtracions a l'interior és recomanable col·locar a la part inferior del tancament, en el trobament amb el forjat, una lamina bituminosa a mode de barrera anti-humitats, per garantir l'evacuació de l'aigua que pugui travessar l'aïllament, sempre que la fulla es vegi interrompuda pels forjats.
- Quan la fulla principal sigui de rajol ceràmic, els rajols deuen tenir com a màxim una succió de 0,45 g/(cm²·min), mesurada, segons l'assaig de la UNE 67 031:1985.
- Quan la fulla interior sigui de bloc de formigó curat en autoclau, el valor de l'absorció dels blocs, mesurat, segons l'assaig UNE 41 170:1989 deu ser com a màxim 0,32 g/cm³.
- Per tal d'obtenir una millor base per a la col·locació dels ancoratges i de l'aïllament, es pot optar per revestir la cara exterior de la fulla amb un revocat de morter.

NATURA DEL SUPORT	APTITUD
Formigó	Excel·lent
Rajol massís	Molt bona
Rajol perforat	Bona
Bloc de formigó amb separació entre tàbiques +/- 30 mm i gruix de les mateixes de 30 mm	Bona
Rajol de termoargila	Bona
Rajol foradat (Totxana)	Inacceptable
Bloc de formigó de doble tàbica	Inacceptable
Nota: En el dimensionat de l'ancoratge es tindrà en compte la resistència del material i la situació d'aquest respecte a juntes i bordes de les fàbriques	

1.6.2. La subestructura

Aquest element sol ésser comú als diferents sistemes de fixació salvant petites diferències, generalment està formada per una sèrie d'elements resistents que són els elements que configuren la subestructura, aquests elements són els muntants verticals i els travessers horitzontals.

· Els muntants verticals: Els muntants són elements fixats als ancoratges i destinats a suportar el seu propi pes, les accions dels elements que es fixen a ells i la càrrega de vent que incideix sobre la façana. El paràmetre que defineix les condicions extremes d'utilitat del muntant és la inèrcia.

· Els travessers: Són elements horitzontals que generalment van ancorats als muntants i dimensionats de tal forma que puguin suportar la càrrega dels elements de replè que graviten sobre ells. El paràmetre que defineix les condicions extremes de utilitat del travesser és la inèrcia.

1.6.2.1 Materials

Al mercat trobem varies possibilitats en quant a materials, aquests element poden ser de:

- Alumini
- Acer
- Acer inoxidable
- Fusta

1.6.2.1.1. Perfils d'alumini:

L'alumini és junt amb el magnesi i el titani l'únic metall lleuger que ha arribat a un ús industrial, ja sigui pur o com a components fonamentals en al·legacions. Com indica l'expressió metall lleuger, la seva característica més destacada és la lleugeresa, és a dir, el seu baix pes específic.

L'alumini és el tercer element més abundant al nostre planeta, junt amb l'oxigen i el silici. El mineral del que s'extrau l'alumini és la bauxita. L'alumini no està present a la naturalesa directament en forma de metall, sinó d'òxid (Al_2O_3). La bauxita, de textura terrosa i color vermellós, posseeix més d'un 40% d'òxid d'alumini o alúmina.



El procés per l'obtenció del metall partint de la bauxita es divideix en dues fases:

1. Extracció de l'alúmina a partir de la bauxita pel procés de Bayer.

Aquest procés consisteix en purificar la bauxita mitjançant l'escalfament del material triturat en un forn giratori, el qual es mescla amb sosa càustica líquida. Posteriorment es procedeix a la calcinació de l'alúmina obtinguda per hidròlisis, decantació i a continuació es filtra el conjunt resultant, per a, detindre les impureses.

La solidificació del metall s'aconsegueix mitjançant precipitació, és a dir, es conjunten els cristalls i se'ls treu humitat a molt alta temperatura (1400°C), obtenint una pols blanca. Aquesta pols és l'alúmina calcinada.



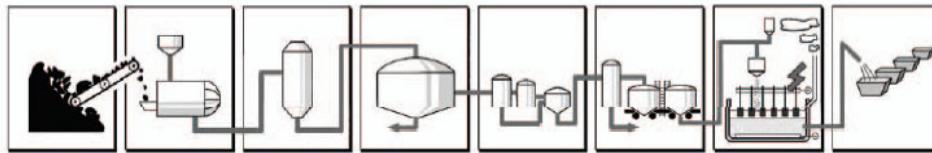
ALÚMINA



BAUXITA

2. Electròlisis de l'alúmina per obtenir l'alumini

L'electròlisi permet descompondre l'alúmina en alumini i oxigen. La reacció és dur a terme en uns recipients especials, que poden arribar a unes temperatures molt elevades (900-1000°C). La corrent elèctrica passa a través de la mescla, descomponent-la en oxigen i alumini. El metall fus es diposita en el pol negatiu (càtode) al fons del recipient, mentre que l'oxigen s'acumula als elèctrodes de carboni (ànode). Així, mitjançant l'electròlisi es separa l'oxigen i obtenim alumini metall pur, que té un grau de puresa entre el 93,3% i 99,8%.



Obtenció del alumini: extracció de la alúmina i electròlisis

L'alumini pur té poques utilitats, generalment s'empra al·legat amb altres metalls que li confereixen grans propietats en el referent a resistència a la corrosió i amb característiques mecàniques similars o superiors a les d'acer.

És evident que la paraula alumini careix de rigor, l'expressió més correcta seria al·legacions d'alumini. Els perfils d'al·legació d'alumini, per les seves prestacions i per la gran diversitat de formes que pot adoptar, junt amb la gran estabilitat dimensional, són els que acaparen major quota de mercat.

El procés industrial per a la fabricació de perfils d'al·legacions d'alumini consta de dues fases, la fusió i l'extrusió.

1. Fusió

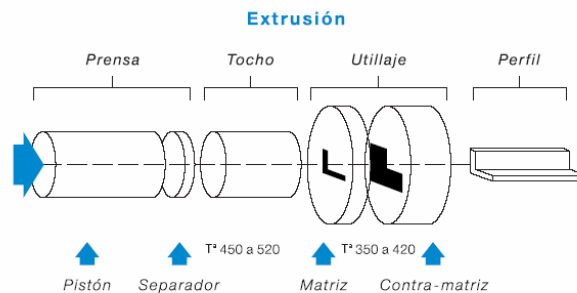
És la fabricació del material base. Segons l'ús al que es destini el perfil d'alumini, la composició química de l'al·legació diferirà lleugerament. L'obtenció de l'al·legació d'alumini s'efectua en la fusió per fusió dels lingots d'alumini pur, al·legacions de Al-Mg-Si i chatarra d'alumini.

Les al·legacions normalment usades són les de la família Al-Mg-Si. El material és solidifica en forma de barres cilíndriques de diàmetre i longitud variable, en funció de la premsa d'extrusió a emprar i del perfil a extrusionar.



2. Extrusió

L'extrusió en premsa és una conformació per deformacions plàstiques que consisteix en obtenir una determinada forma modelant un metall per compressió d'un cilindre, a l'extrem existeix una matriu que presenta un orifici amb la forma i dimensions del producte que es vol obtenir, i per l'altre extrem un disc massís anomenat disc de pressió.



Els perfils extrusionats en al·legacions d'alumini adopten varies formes, que estan en funció de les seves aplicacions i que poden classificar-se en perfils de secció massissa, de secció buida o semibuida i una combinació dels dos anteriors.

Els perfils massissos serien els perfils amb un sòl perímetre, en forma de T, doble T, U, L, etc...

Els perfils buits són aquells que tenen dos perímetres.

L'alumini és un material amb gran afinitat amb l'oxigen, aquest fet provoca que a l'estar en contacte amb l'atmosfera es recobreixi d'una capa d'òxid. Aquesta oxidació natural no proporciona una superfície adequada per a l'ús arquitectònic, tot i que en la majoria dels casos aquesta oxidació natural és capaç d'aturar el principi de corrosió. Per aconseguir unes característiques adequades en quan a resistència a la corrosió i a l'abradió es recorren a processos industrials com l'anodització i el lacat.

Anodització: El procés d'anodització consisteix en l'oxidació controlada del material, és tracta d'un tractament electrolític per produir capes d'òxid, de major gruix, uniformitat i estabilitat de les que es formen en la superfície del material de manera

espontània. El procés d'anodització es divideix en tres etapes bàsiques: pretractament, tractament anòdic i postractament.

El pretractament consisteix en el desengrasament del material extruït, es realitza per immersió de 3 a 5 min. del material en una solució alcalina composta per agents humectants, emulsionant solubilitzant, etc..

L'operació següent al desengrasament de la superfície és el decapat, com a resultat d'un fort atac químic a l'entrar en contacte el perfil amb solucions altament alcalines. S'empra l'hidròxid de sodi amb additius, és realitza per immersió durant un temps de 5 a 10 minuts.

A conseqüència de la fina capa de partícules metàl·liques i òxids que romanen a la superfície al sortir del bany decapant, es fa imprescindible el tractament d'aquesta pel·lícula, és realitza també mitjançant la immersió en una solució que contingui àcid nítric

Una vegada superats els passos anteriors el perfil ja és troba llest per ésser sotmès a la conversió de la seva superfície: formació d'una capa d'òxid anòdica. El tractament anòdic és un procés electroquímic en el que l'alumini que és tracta es fa elèctricament positiu o ànode en un electròlit adequat. Aquest procés millora notablement la característica natural de l'alumini de reacció amb l'oxigen. Quan s'aplica corrent s'allibera oxigen de l'electròlit que és dirigeix a l'ànode on reacciona amb la superfície de l'alumini, formant una pel·lícula d'òxid d'alumini. Aquesta pel·lícula d'òxid es coneix com capa anòdica

La capa anòdica de l'alumini ja anoditzat s'ha de sotmetre a un tractament final d'eliminació de la seva capacitat absorbent, el postractament . Aquest tractament final s'anomena segellat, i consisteix en un tractament d'hidratació aplicat als recobriments anòdics d'òxid, amb la finalitat de reduir la porositat i per tant la capacitat absorbent.

Existeixen varis gruixos de capa anòdica:

Classe 5	Implica que el gruix mitjà mínim és de 5 μ
Classe 10	Implica que el gruix mitjà mínim és de 10 μ
Classe 15	Implica que el gruix mitjà mínim és de 15 μ
Classe 20	Implica que el gruix mitjà mínim és de 20 μ
Classe 25	Implica que el gruix mitjà mínim és de 25 μ

Les classes 5 i 10 es reserven per aplicacions en interiors, i les classes 15, 20 i 25 s'utilitzen per exposicions exteriors. L'elecció de la classe vindrà definida en funció de la situació de l'obra i de l'agressivitat de l'ambient.

Lacat: El tractament de lacat consisteix en protegir la superfície dels perfils d'alumini, amb una capa de pintura.

1.6.2.1.2. Perfils d'acer i d'acer inoxidable:

Els perfils emprats en la fabricació de façanes lleugeres podran ésser de dos tipus: perfils buits i perfils comercials, on s'inclouran els perfils compostos. Aquests perfils d'acer és podran servir en brut, o amb un tractament superficial com el zincat en fred o el galvanitzat.

L'element essencial de tot acer és el ferro. Aquest metall és el quart element més abundant en l'escorça terrestre, representant un 4,3% i, entre els metalls, només l'alumini és més abundant, representant el ferro el 34,6% del pes total de la Terra, al ser l'element predominant en el nucli. El ferro és el metall més usat, amb el 95% en pes de la producció mundial de metall. L'acer és l'al·legació de ferro més coneguda. Les al·legacions férreas presenten una gran varietat de propietats mecàniques depenent de la seva composició o al tractament que s'hagi portat a terme. El ferro es troba formant part de nombrosos minerals, entre els que destaquen la hematites, Fe_2O_3 ; la magnetita, Fe_3O_4 ; etc.

Els acers són al·legacions de ferro i carboni, en concentracions màximes de 2,2% en pes, aproximadament, tot i que la majoria d'acers contenen menys de 0,5% de carboni. El carboni és l'element d'al·legació principal, però els acers contenen altres elements. En funció del seu contingut en carboni, els acers es poden classificar en:

- a) **Acer baix en carboni:** Menys del 0,25% de carboni en pes. Són acers tous però dúctils.
- b) **Acer mitjà en carboni:** Entre 0,25% i 0,6% de C en pes. Són més resistent que els acers baixos en carboni, però menys dúctils.
- c) **Acer alt en carboni:** Entre 0,6% i 1,4% de carboni en pes. Són encara més resistent, però també menys dúctils.

1. Obtenció de l'acer

Actualment l'acer s'obté a partir de ferro líquid, descarburant-lo i regulant al mateix temps el seu contingut en sofre, fòsfor i altres elements. En l'obtenció de l'acer, es diferencien dues fases: obtenció del "arrabio" (forns alts); i obtenció de l'acer per descarburació de l'anterior (forn baix).

En la primera fase s'extrau dels minerals de ferro el "arrabio" en forns alts, actua com a agent reductor per reduir els òxids de ferro a ferro – fusió lenta -, el "arrabio" producte entremig entre el mineral de ferro i l'acer, és transfereix en forma líquida del forn alt a un forn de fabricació d'acer, on es regulen els percentatges de cada un dels elements que formen part de l'al·legació.

La segona fase es porta a terme en forns d'acer, s'injecta oxigen en mitjà bàsic. En aquest procés, l'oxigen reacciona amb el ferro formant òxid de ferro; seguidament, el carboni de l'acer reacciona amb l'òxid ferro per formar monòxid de carboni:



Immediatament abans de l'inici de la reacció amb oxigen, si addicionen fundents formadors d'escòria en quantitats controlades. En aquest procés, el contingut en carboni de l'acer es pot reduir dràsticament, al temps que s'aconsegueix una reducció en la concentració d'impureses com el sofre i el fòsfor. L'acer fos del convertidor es disposa en motlles estacionaris, o de mode continu. Després de fus els lingots s'escalfen en un forn de termodifusió i es laminen en calent en planxes, palanquilles o totxos. Aquestes planxes o totxos són més tard laminades en calent o fred.

Els acers es poden classificar de moltes maneres. Abans els hem classificat pel contingut en carboni, però existeixen altres classificacions, com per exemple:

- **Segons el mode de fabricació:** Acer al cristol, acer fus, acer calmat, acer efervescent, acer fritat.
- **Segons el mode de treballar-los:** Acer moldejat, acer laminat.
- **Segons la composició i l'estructura:** Acers ordinaris, acers al·legats o especials.
- **Segons el ús al que es destina:** Acers magnètics, acers autotemplats, acer per a construcció, acer de tall ràpid, acer ideformable, acer inoxidable, acer refractari, etc...
- **Segons el seu diagrama de fases:** Austenítics, martensític, ferrític, etc.

Degut als diferents tipus d'acers existents i els seus usos, existeixen nombrosos processos de fabricació de perfils d'acer, depenent de la forma i de l'estat de material de partida – acer líquid, totxos, planxes, etc., ens centrarem en els tres tipus de procés de fabricació de perfils per la seva utilització en façanes lleugeres:

1 Laminació en calent:

Aquest seria el procés de fabricació dels perfils estructurals o comercials (IPN, UPN, HEB, etc.).

Es realitza en un tren de laminat partint de totxos d'acer, que després d'escalfats, per l'acció d'uns cilindres es va donant la forma adequada al perfil. El material emprat és acer en brut, que requereix un tractament posterior.

2 Laminació en fred:

Amb aquest procés s'obtenen tubs d'acer i acer inoxidable, tant de formes senzilles com de tubs rectangulars, quadrats o amb formes més complexes.

El perfilat per laminació en fred es realitza partint d'un flexe d'acer o acer inoxidable d'amplada igual al perímetre del perfil a conformar. Aquest flexe de xapa d'acer es fa passar per un parell de rodets mascle-femella – segons la complexitat del perfil poden ser fins a 40 parells - que poc a poc, van donant forma al perfil. El flexe emprat, en el cas de l'acer, pot ésser en brut o galvanitzat en calent prèviament, amb procediment com el "Sendzimir", que proporciona una protecció en les dues cares del perfil, que quedarà protegit tant interiorment com exteriorment.

Una vegada obtinguda la forma desitjada, es tanca el perfil, bé per engrapat o per soldadura continua elèctrica – es recomana aquest últim procés - , seguidament és passa el perfil per un altre parell de rodets rectificadors, protegint la soldadura longitudinal –si procedeix- amb un decapant, i finalment es talla el perfil a la mida desitjada.

En cap cas s'utilitzaran els mateixos utilatges per fabricar perfils d'acer i d'acer inoxidable o d'acer inoxidable de distintes qualitats, ja que les petites partícules que s'adhereixen als rodets podrien contaminar l'acer inoxidable, provocant una corrosió local.

3 Estirat:

L'estirat és un procés de conformació dels materials dúctils que és realitza fent passar el material a través d'orificis calibrats denominats fileres, i que tenen la forma negativa del perfil que és desitja fabricar.

El procés d'estirat s'aplica a barres de 4 a 6 m de longitud i diàmetre superior a 10 mm. L'objectiu de l'estirat és principalment calibrar, endurir amb la deformació i donar una forma determinada a la barra. Per la fabricació de perfils per estirat es parteix d'un tub circular conformat per altres processos, com la laminació en fred, que té el mateix perímetre que el perfil a conformar.

Abans de sotmetre les barres al procés d'estirat pròpiament dit, aquestes s'han de sotmetre a dues operacions: la primera és l'esmolat, que consisteix en aixafar l'extrem de la barra per poder introduir-la per l'embocadura de la filera; seguidament és realitza un decapant de la barra d'acer amb una solució àcida per deixar-la lliure d'impureses i brutícia. Posteriorment a aquests dos processos és realitza l'estirat pròpiament dit.

Una vegada introduït l'extrem esmolat de la barra en la filera i essent aquesta comprimida per unes mordaces, es realitza un treball de tracció fent passar la barra per la filera. Donada la complexitat d'alguns perfils fabricats per aquest procediment, la fabricació no es realitza amb una sola tirada, si no que és realitza en varies tirades amb diferents fileres, que poc a poc van donant forma al perfil desitjat.

El material emprat és acer en brut, que és podria treballar en aquest estat o amb un procés de protecció amb un zincat en fred, per evitar les deformacions produïdes en els perfils per una galvanització en calent.

La **galvanització en calent** és un dels sistemes de protecció de l'acer enfront la corrosió que experimenten aquests materials quan s'exposen a l'atmosfera, l'aigua i el sol. Consisteixen en la formació d'un recobriment de zinc sobre les peces mitjançant la immersió en un bany de zinc fus a 450°C. La norma que especifica els requisits i els assajos relatius als galvanitzats en calent sobre els productes

UNE EN ISO 1461:1999, "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo".

1.6.2.2 Criteris de disseny i recomanacions

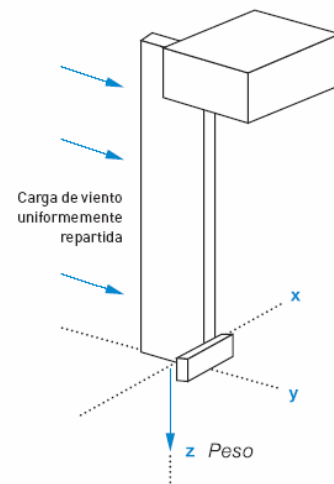
Muntants:

➤ El disseny dels muntants be determinat pel projectista, però normalment van de forjat a forjat i és subjecten mitjançant ancoratges. Pel general se sol deixar lliure l'extrem inferior (per absorbir les dilatacions), aconseguint així que les càrregues verticals provoquin traccions i no compressions. El muntant està sotmès a l'acció del vent, i al axial provocat pel seu propi pes.

Inicialment es poden donar dues situacions:

Cas 1: El projectista vol calcular la inèrcia necessària pels perfils d'obra.

Cas 2: Es parteix d'un perfil determinat.



En els dos casos haurem de comprovar:

1-. La resistència de la secció del perfil. (La tensió del perfil no pot superar la tensió admissible del material.)

2-. La fletxa màxima admissible. (Segons normativa 1/500 per a elements opacs.)

	Caso 1	Caso 2
A Comprobación de la resistencia de la sección	Se condiciona el cálculo de la flecha y se comprueba la sección (caso 2A)	$\sigma_{calc} = \frac{N^*}{A} + \frac{M^*}{W} \leq \frac{\sigma_{admAl}}{\gamma_M}$
B Aptitud al servicio (flecha)	$I_{min} \geq \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{max}} (^{\circ})$	$f_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{min}} (^{\circ})$

Essent:

q = Càrrega de vent uniformement repartida, calculada segons CTE.(DB – AE)

L = Longitud del muntant.

E = Mòdul d'elasticitat del alumini

f_{màx} = Fletxa màxima

I_{min} = Inèrcia mínima en l'eix considerat.

N* = Esforç normal majorat

M* = Moment flector majorat degut a l'acció del vent.

A = Àrea de la secció.

W = Mòdul resistent de la secció.

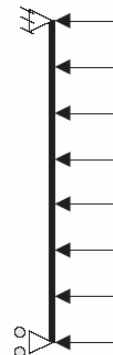
➤ Davant la dificultat de realitzar un encastament pròxim al “encastament teòric”, s'accepta realitzar el càlcul considerant el muntant bi-recolzat.

Travessers:

➤ Els travessers estan sotmesos a una flexió biaxial, degut en primer lloc, a les càrregues verticals del seu propi pes i el pes dels panells que ha de suportar, i a la vegada sotmès a les càrregues de vent que incideixen a la façana que provocaran una flexió al pla horitzontal. A l'igual que els muntants haurem de fer les dues comprovacions anteriors.

- Resistència de la secció
- Fletxa màxima admissible

	Caso 1	Caso 2
A Comprobación de la resistencia de la sección	Se condiciona el cálculo de la flecha y se comprueba la sección (caso 2A)	$\sigma_{calc} = \frac{N^*}{A} + \frac{M^*}{W} \leq \frac{\sigma_{admAl}}{\gamma_M}$
B Aptitud al servicio (flecha)	Acción del viento: $I_x \geq \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{max}} (^{\circ})$ Peso de vidrio: $I_y \geq \frac{q \cdot b}{48 \cdot E \cdot f_{max}} (3 \cdot L^2 - 4 \cdot b^2)$	Acción del viento: $f_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} (^{\circ})$ Peso de vidrio: $f_{max} = \frac{P \cdot b}{48 \cdot E \cdot I_y} (3 \cdot L^2 - 4 \cdot b^2)$



➤ Els travessers a efectes de càlcul es poden considerar com una biga simplement recolzada, sotmesos a la càrrega que provoca el pes dels panells o plaques de revestiment.

➤ Inicialment els principals condicionats de la modulació de la subestructura en quant a forma i dimensions dels perfils són:

- La modulació de la façana.
- La separació dels ancoratges.

➤ Per disminuir la inèrcia dels perfils i així poder disminuir el cost de la subestructura, es poden augmentar el nombre d'ancoratges per disminuir la inèrcia dels muntants. Aquest fet implica fixar els ancoratges a la fulla interior, per tant s'haurà de tenir en compte a l'hora de projectar aquest element. Per disminuir la inèrcia dels travessers el que hem de fer és disminuir la distància entre muntants.

➤ Les façanes lleugeres estan sotmeses a unes variacions dimensionals degudes a les dilatacions i contraccions pels canvis de temperatura. A aquestes variacions són en funció del coeficient de dilatació tèrmic del material (α), i de la diferència de temperatures, i originen en els perfils un esforç σ (Kg/cm²).

Segons la Llei de Hooke: $\sigma = \epsilon \cdot E$

Essent:

α = Coeficient de dilatació tèrmic
 σ = Tensió en kp/cm²
 ϵ = Allargament unitari $\alpha \Delta t$
 E = mòdul d'elasticitat en kp/cm²

Llavors: $\sigma = \alpha \Delta t \cdot E$

Si el perfil s'escalfa i no pot expandir-se lliurement produeix sobre els elements que impedeixen aquesta expansió un esforç que ve donat per la fórmula anterior, que es tradueix en una deformació de l'element més dèbil. Per evitar aquest efecte hem de disposar juntes de dilatació que permetin que el material es dilati lliurement.

La magnitud de la contracció o dilatació, que s'ha de preveure per dimensionar les juntes de dilatació per causes tèrmiques ve expressada per:

$$\Delta l = \epsilon \cdot l = \alpha \Delta t \cdot l$$

$$\Delta l < d$$

Donat que al nostre país la màxima dispersió tèrmica es considera que és de 42°C, l'allargament màxim per metre de perfil serà:

$$\Delta l = 23 \cdot 10^{-6} \cdot 42^\circ\text{C} \cdot 1000\text{mm} = 0,966\text{mm}$$

A efectes de dimensionat de juntes de dilatació serà suficient considerar 1 mm. per metre de perfil.

- En zones de costa es recomana utilitzar perfil·laria d'alumini, descartant l'acer per la possibilitat que hi ha que aquest es corroï.
- La longitud dels muntants serà determinada per la distància de forjat a forjat.

1.6.3. Els ancoratges

Els ancoratges com he enunciat abans, són els elements que connecten la façana lleugera amb l'estructura portant de l'edifici, i a través dels quals es transmetran les càrregues degudes principalment a l'acció del vent. Per això hauran de dimensionar-se adequadament per respondre aquestes sol·licitacions.

Cada fabricant té el seu propi disseny i normalment estan fabricats partint de perfils d'acer o alumini. Els ancoratges han de disposar de sistemes que permetin la regulació en les tres direccions espacials, i generalment distingim entre ancoratges fixes o lliscants en funció de si permeten la dilatació o no. Generalment aquests ancoratges o mènsules es realitzen a partir de perfils "U" o perfils "L".

Anclaje Intermedio



Anclaje superior



Anclaje inferior o mecha



· **Ancoratges fixes:** Els ancoratges fixes o mènsules de sustentació tenen com a funció principal el fixar els muntants a l'estructura de l'edifici, després d'haver procedit a la seva regulació per alinear correctament aquests elements.

La seva funció és la de transmetre els esforços relatius al pes propi de la façana (sustentació) i els esforços proporcionals relatius a l'acció del vent.

Els ancoratges es fixen al suport amb tacs d'expansió, tacs químics o d'injecció, segons les característiques del suport (forjat o fulla interior).

En la majoria dels casos la unió del perfil amb l'ancoratge es realitza amb perns autoroscants d'acer inoxidable, o reblons d'alumini o acer inoxidable. Aquesta unió es realitza per taladrat, és a dir, que el diàmetre de la perforació ha d'ésser igual que al del pern o rebló, no permetent la dilatació del perfil.

· **Ancoratges lliscants:** Els ancoratges lliscants o mènsules de retenció estan concebuts per absorbir les dilatacions o contraccions que es puguin originar en els muntants de la façana lleugera.

Aquests tipus d'ancoratges es diferencien dels anteriors en, que en la unió amb el muntant disposen d'una ranura vertical per permetre les dilatacions del perfil. La seva funció és la de transmetre la part proporcional de l'acció del vent que incideixi en la façana.

· **El taco de l'ancoratge:** La interacció ancoratge-suport es porta a terme a través del denominat taco, entenent per tal el material de morter d'alta resistència base de ciment o polimèric, niló o element metàl·lic d'expansió d'alumini o acer. El fabricant haurà d'especificar en la seva documentació les propietats exigibles a aquell, així com les seves propietats i requisits per a cada classe de suport i càrrega.

1.6.3.1 Criteris de disseny i recomanacions

- El problema fonamental d'aquests elements resideix en el contacte acer-alumini que pot provocar corrosió per par galvànic. Per això, es recomana col·locar en la unió entre les dues peces un recobriments plàstic que els aïlli.
- No són recomanables ancoratges que no permetin la regulació en les tres dimensions.
- Tots els components del subsistema d'ancoratge deuen ser, d'acer inoxidable (DIN 17440) resistent a la corrosió, donada la impossibilitat d'accés a tasques de manteniment i dificultat d'inspecció de l'estat de l'ancoratge al llarg de la vida útil de la façana, i per altra banda, no hauran d'entrar en contacte amb altres materials amb els que pugui establir parells galvànics productors de corrosió.
- Els ancoratges que s'hagin de fixar sobre perfils laminats en calent u faran mitjançant cargols autoroscants i els que ho facin sobre perfils de xapa conformada en fred amb cargols de rosca de xapa.
- En tots els ancoratges deuen ser interposades arandel·les, casques o plaquetes separadores de niló, EPDM o clorur de polivinil.

1.6.4. Les unions

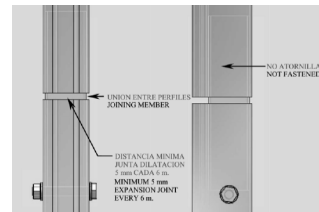
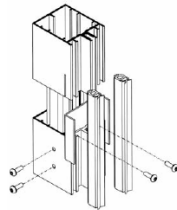
Les unions són l'element que connecten entre ells, els diferents elements que configuren la façana lleugera.

Les unions a l'igual que les mènsules d'ancoratge, també poden ser fixes o lliscants, segons si permeten un cert grau de moviment entre els elements units.

Les unions fixes s'utilitzen normalment per ancorar els travessers als muntants – en el cas de l'acer o acer inoxidable, poden ser unions soldades- .

Dintre de les unions distingirem:

- **Les meches** : Encarregades d'unir els elements resistents de la subestructura, han de permetre la dilatació dels perfils.

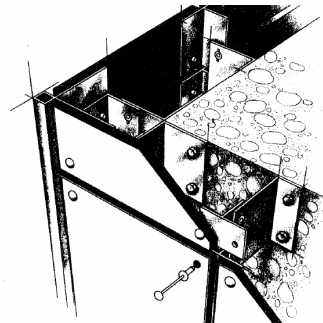
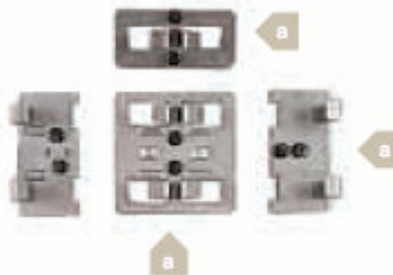


- **Els elements de fixació**: La seva missió és unir el revestiment lleuger amb la subestructura. Actualment al mercat existeixen varis tipus d'elements de fixació, però generalment es diferencien per l'aspecte final que donen a la façana.

A) Fixació mecànica vista: L'element de fixació més estès és l'ancoratge o grapa vista en les seves diferents variants. Aquest sistema es basa en la col·locació de les grapes en les juntes dels panells o plaques de revestiment. El tipus més habitual és l'intermig que fixa 4 plaques, servint de retenció per les dues plaques inferiors i de sustentació i retenció de les dues plaques superiors. També existeixen els de base que fixen només dues plaques.

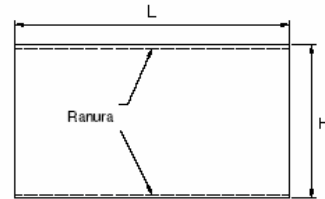
Aquestes grapes es fixen als muntants amb cargols autoroscants d'acer inoxidable o alumini o amb reblons d'alumini de 5mm de diàmetre.

També és habitual la fixació mecànica vista amb cargols autoroscants o reblons d'alumini directament sobre la subestructura, sobretot quan es tracti d'un revestiment de resina fenòlica o de planxa metàl·lica, en aquest cas és important preveure els possibles moviments per dilatació del material.

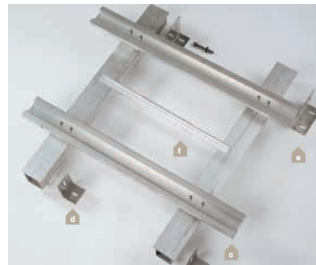


B) Fixació mecànica oculta: Aquest tipus de fixació permet disposar la fixació no visible des de l'exterior. Aquest tipus de fixació requereix el mecanitzat de les plaques, adaptant-la al tipus d'ancoratge. En sistemes de fixació ocults el més habituals són:

- **Fixació amb grapa oculta:** Es tracta del mateix tipus de grapa mencionat anteriorment, però que requereix la realització d'una ranura en la part inferior i superior de les plaques o panells per permetre l'ocultació de les grapes.



- **Fixació amb perfil ocult:** Consisteix en disposar perfils horitzontals formant una malla ortogonal amb els perfils verticals. El ancoratge consisteix en un perfil d'alumini que es inserta mecànicament a la part posterior de la placa mitjançant una ranura horitzontal que recorre la totalitat de l'amplada de la placa o panell, i que es penja dels perfils de la subestructura. Aquest sistema presenta l'avantatge que la superfície de recolzament és molt major que en el sistema anterior. També existeix la possibilitat d'adherir l'ancoratge mitjançant l'encolat amb un elastòmer d'altres prestacions.

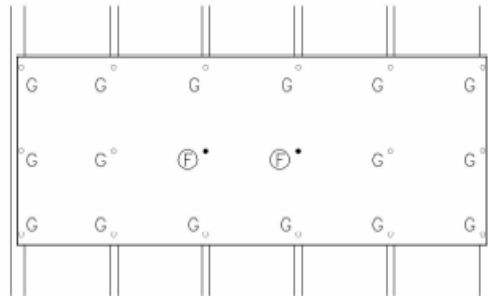


Aquest sistema pot presentar petites variacions en funció de la casa comercial, però com a norma general la idea és sempre la mateixa: la disposició de perfils horitzontals fixats als muntants verticals, que requereix la realització de ranures en les plaques per poder ser recolzades. Algunes porten la ranura en tot el perímetre, mentre que altres només en llocs puntuals. Existeixen varis tipus de perfils, perfil guia, perfils d'arrancada, etc. A més el ranurat es pot fer en la part posterior de la placa o en els cantells superiors i inferiors.



1.6.4.1 Criteris de disseny i recomanacions

- És convenient deixar una separació d'un mínim de 2 mm. en la part superior de la placa o panell per permetre eventuais moviments del sistema i evitar deformacions.
- També és convenient aplicar en la unió placa-perfil, un cordo de segellat amb silicona o poliuretà durant el muntatge, per eliminar les possibles vibracions de les paques per l'acció del vent.
- Quan optem per la fixació vista directament amb cargols autoroscants o rebllons, és molt important el disseny dels punts d'unió fixes (F) o lliscants (G), per permetre així la lliure dilatació del material. En els fixes el diàmetre de la perforació ha d'ésser lleugerament superior que el diàmetre del reblo (5mm), mentre que en els lliscants el diàmetre de la perforació ha d'ésser superior.



- En els recolzaments sobre els cantells horitzontals de les plaques és deu tenir en compte que els inferiors són sustentants i els superiors retenidors i que no és deu descarregar el pes sobre les plaques inferiors – cada parell d'ancoratge deu sustentar la placa que superiorment li recolza i simplement retenir el bolc a la inferior- per evitar l'acumulació de deformacions i permetre la lliure dilatació vertical dels components del pany.

1.6.5. L' aïllament

L'aïllament permet millorar les prestacions tèrmiques i acústiques de la façana. Al mercat existeixen diferents tipus de materials aïllants en forma de plaques rígides o semirígides, de fibres vegetals, minerals o plàstics cel·lulars. Els gruixos dependran del tipus de material i de les necessitats del projecte, en funció de les exigències del CTE.

Els valors que defineixen les característiques dels aïllaments són; la conductivitat tèrmica, la resistència tèrmica i l'absorció acústica.

- La **conductivitat tèrmica (λ)** representa i quantifica la capacitat de transmissió de calor dels materials. El seu valor expressa la pèrdua de calor a través d'un metre de material durant una hora, mantenint una diferència de temperatura d'un grau.

Unitats en el sistema internacional: W/mK

$$1 \text{ W/mK} = 0,86 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

La conductivitat és una propietat intrínseca del material que varia (augmenta) amb la temperatura. Quan més petit és el valor millors són les prestacions aïllants del material.

- La **resistència tèrmica (R)** és la capacitat d'un material per a resistir el pas de flux de calor. L'oposició al pas de calor que presenta una capa gruix determinat (e) d'un material aïllant. És inversament proporcional a la conductivitat tèrmica i augmenta amb el gruix del material.

Unitats en el sistema internacional: m²K/W

$$1 \text{ m}^2\text{K/W} = 1,163 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/ Kcal.}$$

$$R = e / \lambda$$

Com major sigui l'aïllament requerit, major gruix tindrem que emprar per una mateixa conductivitat (igual material).

Els valors alts de resistència tèrmica indiquen gran capacitat d'aïllament.

- L'**absorció acústica és** la propietat dels materials per absorbir energia acústica, al disminuir la reflexió de les ones sonores incidents. L'absorció dels materials es caracteritza pel coeficient s Sabine, que determina la quantitat d'energia absorbida en relació a la quantitat d'energia emesa.

$$sS = E_a / E_e$$

L'aïllament acústic al soroll aeri entre dos espais s'expressa (D,Dn) en la unitat de decibels (dB) o en decibels A (dBA). El decibel és la unitat més usual per les medicions acústiques, indica en quina proporció un so és més fort que un altre denominat de referència –umbral d'audició-. El decibel dB és una unitat que avalua la intensitat o el nivell de pressió sonora d'un so. El decibel A (dBA) ofereix una valoració del so tenint en compte la sensibilitat pròpia de l'oïda humana.

1.6.5.1 Materials

Els tipus d'aïllaments més emprats en sistemes d'aïllament per l'exterior com és el nostre cas són:

- **Espuma de poliuretà:** És un aïllament amb un coeficient de conductivitat tèrmica que està entre 0,029 W/mk i 0,046 W/mK en funció del fabricant. Les espumes de poliuretà es projecten "in situ" sobre el suport de la façana (la fulla interior), el que confereix una gran impermeabilitat a la solució, ja que aquestes, s'adhereixen perfectament als ancoratges i al suport. És recomanable col·locar primer la subestructura i després el projectat així reduïm els ponts tèrmics i protegim els perfils davant el foc. L'aspecte negatiu d'aquest tipus d'aïllament és la utilització de CFC com a agent escumant, ja que els CFC són molt agressius amb el medi ambient. És un material inflamable de la categoria M5. És hidròfuga.

- **Poliestirè extrusionat:** És un aïllament amb un coeficient de conductivitat tèrmica que està entre 0,025 W/mk i 0,046 W/mK. És hidròfug, és subministra en plaques que han d'ésser fixades al suport de la façana, existeixen diferents tipus d'ancoratges en funció del fabricant. Els bordes de l'aïllament solen anar solapats pel que, si les plaques es disposen correctament és pot assegurar la impermeabilitat de la façana. Algunes empreses empen com a agent escumant del poliestirè el CO2 pel que és millora considerablement la seva qualitat mediambiental. És un material inflamable de la categoria M4 o M5. (UNE 23-727-80)

- **Fibra de vidre:** És un aïllament amb un coeficient de conductivitat tèrmica que està entre 0,022 W/mk i 0,038 W/mK. És subministra en plaques o rotllos, aquest tipus d'aïllament requereix una capa protectora superficial, per evitar que l'aigua pugui arribar a la superfície de l'aïllament i pugui ser absorbida per aquest, fet que disminuiria considerablement les seves propietats, al no tractar-se d'un material hidròfug. Les plaques de fibra de vidre van fixades al suport mecànicament. Es poden considerar incombustibles: categoria M0 de la norma UNE 23-727-80

- **Llana de roca:** És un aïllament amb coeficients al voltant del 0,030 W/mK i fins 0,051 W/mK en funció de la casa comercial. És subministra en forma de plaques, panells o rotllos. El producte està lleugerament impregnat amb resina fenòlica, conferint-li característiques especials de permeabilitat al vapor, no és hidròfila ni higroscòpica i no absorbeix aigua per capilaritat. En cas necessari els productes poden subministrar-se amb barrera de vapor. Es fixen al suport mecànicament. És un producte mineral, no orgànic i incombustible, categoria M0.

1.6.5.2 Criteris de disseny i recomanacions

- Quan l'aïllament tèrmic es col·loqui per l'exterior de la fulla principal, aquest deu de ser **no hidròfil**.
- Es reposaran els trossos d'aïllament que s'hagin tingut que tallar per a la col·locació de les mènsules.

1.6.6. La cambra

Tot i que la cambra no és un element pròpiament dit, és una de les parts més importants del tancament, la cambra ventilada és l'espai que es forma immediatament darrere el revestiment exterior. El CTE la defineix com:

Cambra d'aire ventilada: Espai de separació en la secció constructiva d'una façana o d'una coberta que permet la difusió de vapor d'aigua a través d'obertures a l'exterior disposades de forma que es garanteixi la ventilació encreuada.

A la cambra se li encomana en gran part les dues missions principals de la façana:

- **L'estanquitat**
- **La protecció tèrmica**

A la primera contribueix evacuant l'aigua que pugui penetrar a través del revestiment exterior i a la segona gracies a la convecció de l'aire.

L'aire de la cambra ventila la façana i redueix la quantitat d'energia de l'interior. Es poden efectuar diferents tipus de ventilació:

· **Ventilació per convecció natural:** La ventilació per convecció natural es produeix per "efecte xemeneia" a causa de l'escalfament de l'aire. Es redueix el component de radiació indirecta del factor solar i disminueix la temperatura superficial interior del tancament.

· **Ventilació forçada:** Quan parlem de ventilació forçada s'actua sobre la velocitat de convecció, controlant el flux d'aire que entra i per tant la temperatura superficial, arribant a poder inclús a recuperar energia tèrmica, per acumulació passiva o amb intercanviador de calor.

1.6.6.1 Criteris de disseny i recomanacions

- La cambra d'aire ventilada s'ha de disposar pel costat exterior de l'aïllant.
- La cambra ha de disposar en la part inferior un sistema de recollida i evacuació de l'aigua filtrada.
- El gruix de la cambra deurà estar compres entre 3 i 10 cm.
- Es tindran que disposar obertures de ventilació, on l'àrea efectiva total sigui igual a 120 cm² per cada 10 m² de pany de façana entre forjats, repartides al 50% entre la part superior i l'inferior.

1.6.7. El revestiment exterior

El revestiment exterior és l'element que revesteix l'edifici, la seva funció és la de caracteritzar l'estètica de la façana, així com protegir l'aïllament i la fulla exterior dels agents atmosfèrics-contaminants i contribuir a obtenir millors resultats.

Actualment al mercat trobem gran varietat de materials lleugers per revestir façanes ventilades, i cadascun té unes característiques estètiques i resistents pròpies, així com unes condicions de posada en l'obra. En funció del tipus de material és subministra en forma de placa, planxa o panell.

1.6.7.1 Materials

El tipus de material emprat és important, ja que d'ell dependrà l'aspecte exterior de la façana i la seva resistència als agents atmosfèrics. Els materials generalment més emprats en revestiment de façanes lleugeres són:

- **Planxes de Xapa metàl·lica de:**
 - Xapa d'alumini
 - Xapa d'acer inoxidable
 - Xapa de coure
 - Xapa de llautó
 - Xapa d'acer vitrificada
 - Xapa d'acer corten
- **Plaques de compost PCA de:**
 - Xapa d'alumini
 - Xapa d'acer inoxidable
 - Xapa de coure
 - Xapa de llautó
 - Xapa d'acer vitrificada
 - Xapa d'acer corten
- **Plaques de resina fenòlica**
- **Plaques de ciments reforçats**
- **Plaques ceràmiques**
- **Plaques de pedra**

· **Planxes de Xapa metàl·lica:** Aquest material és subministra en diversos formats, generalment en forma de perfils de seccions ondulades o dentades, i que es fixa mecànicament a la subestructura, permetent en molts casos la fixació oculta. Els més habituals són els de xapa d'alumini, tot i que hi ha una gran diversitat en quant a acabats, el principal problema que presenten són la corrosió.

Xapa d'alumini: Dintre de les múltiples al·legacions existents en el laminat en fred d'alumini, l'al·legació EN-AW 5005 per acabats anoditzats i la EN-AW 1050 per acabats lacats, segons la norma EN 485-2, són les més indicades per a les sol·licitacions requerides en una façana. Les propietats de la xapa d'alumini en les al·legacions mencionades correspon a:

Propietat	Unitats	EN - AW 5005	EN - AW 1050
Mòdul d'elasticitat	Mpa	7000	0
Resistència a tracció	Mpa	125 a 165	80 a 120
Límit elàstic al 0,2%	Mpa	>=80	>=70

L'alumini, tant en perfilaria com en xapes, requereix tractaments superficials mitjançant el lacat o anoditzat. Aquests processos ens asseguruen amb un correcte manteniment, la durabilitat de l'aspecte inicial amb les superfícies exposades a les inclemències atmosfèriques i mediambientals.

. Plaques de compòsit PCA: Aquest material multi laminar està fabricat mitjançant un procés industrial lineal, consistent en adherir, de forma continua als dos costats d'un nucli de polietilè, dues làmines de metall amb tractaments superficials o d'acabat. L'aspecte decoratiu és el resultat de pretractaments de les superfícies de la làmina de metall que posteriorment serà destinada a cara vista del tancament. El gruix total d'aquest tipus de material varia des de 2 fins a 8 mm., essent els gruixos de les làmines de metall d'entre 0,2 i 0,7 mm, segons el tipus de metall.

A través de processos industrials com el plegat, fresat i troquelat de les plaques es poden fabricar panells, de 15 a 20mm de gruix.

. Plaques de resines fenòliques: Es tracta d'un material compost per una ànima de fibres de cel·lulosa impregnades amb resina fenòlica termoendurable, i amb superfícies de melamines o fustes protegides amb resines acríliques. És subministrat en diferents acabats superficials i amb espessor que van dels 6 mm. fins als 16 mm. Aquestes plaques són extremadament resistents a la intempèrie, tant al sol com a la pluja, i la humitat no afecta a la superfície ni el nucli de la placa. Ofereixen una excel·lent resistència als rajos ultraviolats i presenten una bona estabilitat al color (classe 4-5, segons la ISO 105 A02).

. Plaques de ciments reforçats: Son elements planers elaborats a partir d'una mescla íntima i homogènia de resines de polièster com agent aglomerant amb carbonat càlcic, carregues d'origen mineral i additius ignífugs. Es fabriquen mitjançant motlle previ procés de colada. Es poden afegir pigments inorgànics compatibles amb la composició de les plaques per colorar-les en tota la seva massa. Els gruixos de les plaques està compres entre 11 i 15mm. Són impermeables, lleugeres i incombustibles. Els cantells de les plaques estan mecanitzats horitzontalment, amb una ranura al llarg de la placa, per permetre la fixació a la subestructura. Les seves característiques físiques, mecàniques i geomètriques corresponen a la classificació, segons la norma UNE-EN 12467.

. Plaques ceràmiques: Dintre d'aquest grup trobem diverses tipologies de plaques; plaques ceràmiques alveolars extrusionades, amb gruixos de fins a fins 30mm i plaquetes de gres porcelànic d'uns 8 mm. de gruix. Generalment conformades per extrusió de pasta ceràmica tipus gres porcelànic o similar. Les mides de les peces aniran en funció del fabricant i del sistema emprat, però oscil·len entre 0,30 m i 1,6 m de llargada i amb amplades de 0,30 m fins a 0,80 m. Les peces ceràmiques s'han d'ajustar a la norma ISO 10545-2 en quant a forma, dimensions, absorció d'aigua i densitat, resistència a l'impacte, resistència a l'abrasió, etc. Els cantells de les plaques alveolars extrusionades porten una ranura al llarg de la placa, tant a la part superior com a la part inferior, que permet la fixació d'aquestes a la subestructura mitjançant les grapes de fixació, les plaquetes de gres porcelànic requereixen el mecanitzat de la placa en la part posterior si volem resoldre el tancament amb fixacions ocultes.

. Plaques de Pedra: Les plaques o plaquetes de pedra és subministrat en diferents formats, que aniran en funció del tipus de pedra (pissarra, granit, marbre, etc.) i del subministrador, generalment en aplicacions en sistemes de façana ventilada els gruixos es mouen al voltant dels 10/35 mm., fet que suposa un estalvi, de fins un 20% de pedra respecte d'altres sistemes. El revestiment amb plaques de pedra requereix el mecanitzat d'aquestes per a la fixació a la subestructura.

1.7. Marc Normatiu

1.7.1. A nivell europeu

LA DIRECTIVA 89/106/CEE "PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN"

La directiva La Directiva 89/106/CEE "Productos de Construcción" va ser aprovada pel Consell de les Comunitats el 21 de desembre de 1988, i transposada pel Reial Decret 1630/1992 del 29 de desembre. La Directiva, que té com a destinataris els Estats, resulta ser el nou marc legislatiu europeu per als productes de construcció. A partir d'aquesta Directiva deriven les Normes Harmonitzades Europees, així com l'obligatorietat dels marcatges CE per què els productes de construcció puguin circular dintre del context comunitari i s'evitin així barreres tècniques i d'altre tipus, amb la finalitat de facilitar la lliure circulació de productes a Europa.

1.7.2. A nivell estatal

LA LOE

La Llei 38/1999, de 5 de novembre, Llei d'Ordenació de l'Edificació (LOE), que va entrar en vigor el 6 de maig del 2000, té per objecte regular en els seus aspectes essencials el procés de l'edificació. Aquesta regulació la porta a terme establint les obligacions i responsabilitats dels agents que intervenen en el procés, així com les garanties necessàries pel correcte desenvolupament del procés, amb la finalitat d'assegurar la qualitat mitjançant el compliment dels requisits bàsics dels edificis i la protecció òptima dels interessos dels usuaris.

La LOE estableix una sèrie de **requisits bàsics** que s'han de satisfer amb la finalitat de garantir la seguretat de les persones, el benestar de la societat i la protecció del medi ambient

- ✓ Relatius a la funcionalitat (ús, accessibilitat i accés a serveis de telecomunicació, audiovisuals i d'informació.)
- ✓ Relatius a la seguretat (estructural, en cas d'incendi i d'ús.)
- ✓ Relatius a l'habitabilitat (higiene, salut i protecció del medi ambient, protecció contra el soroll, estalvi energètic, aïllament tèrmic i altres aspectes funcionals.)

En la Disposició Final Segona la LOE autoritza al Govern per l'aprovació d'un Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) que estableixi les exigències que han de complir els edificis, en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat abans esmentats i que estableix la LOE.

EL CTE

El 17 de març de 2006 a proposta del ministeri de vivenda es va aprovar el Reial Decret 314/2006 pel que s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació. Aquest reial decret inclou unes disposicions transitòries referents al règim d'aplicació del CTE.

El Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) és el marc normatiu que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics establerts a la LOE.

El CTE es divideix en dues parts.

La primera (Parte I) conté les disposicions i condicions generals d'aplicació del CTE, així com les exigències bàsiques que han de complir els edificis. Les exigències bàsiques són aquelles que s'han de complir al projecte, la construcció, el manteniment i la conservació dels edificis i les seves instal·lacions per garantir les prestacions que satisfacin els requisits bàsics de la LOE.

La segona part està formada pels denominats Documents Bàsics (DB), per al compliment de les exigències bàsiques del CTE. Els DB contenen:

- a) La caracterització de les exigències bàsiques i la seva quantificació, mitjançant l'establiment de nivells o valors límit de les prestacions dels edificis o les seves parts.
- b) Uns procediments que acrediten el compliment de les exigències bàsiques, concretats en forma de mètodes de verificació o solucions sancionades per la pràctica. També podran contenir remissió o referència a altres reglaments o normes tècniques.

S'han desenvolupat sis DB, un per cada un dels requisits bàsics de seguretat i habitabilitat. El DB de Seguretat Estructural és subdivideix en altres Documents de caràcter específic que tracten diferents tecnologies.

Els Documents Bàsics són els següents:

1-DB SE Seguretat estructural

DB SE-AE Accions en l'edificació

DB SE-A Estructures d'acer

DB SE-F Estructures de fàbrica

DB SE-M Estructures de fusta

DB SE-C Fonamentacions

2-DB SI Seguretat en cas d'incendi

3-DB SU Seguretat d'utilització

4-DB HS Salubritat

5-DB HE Estalvi Energètic

6-DB HR Protecció contra el soroll (*Pendent de publicar*)

El CTE recull el contingut, convenientment actualitzat i reestructurat, de les antigues Normes Bàsiques de l'Edificació (NBE) que desapareixen com a tals, exceptuant la NBE-CA-88, que m'entres no s'aprovi i publiqui la part relativa al soroll (DB HR). Altres reglamentacions tècniques de caràcter bàsic, com les Instruccions de formigó (EHE), seguiran vigents i coexistiran amb el CTE.

La NCSE

La Norma de Construcció Sismoresistent (NCSE) té com objecte proporcionar els criteris que s'han de seguir dins del territori espanyol per la consideració de l'acció sísmica en el projecte, construcció, reforma i conservació d'aquelles edificacions i obres a les que li és aplicable.

1.7.3. A nivell autonòmic

El Reial Decret de Ecoeficiència 21/2006

El 14 de febrer és publicà en el DOGC el Reial Decret de Ecoeficiència 21/2006, pel que es regula l'adopció de criteris ambientals i de ecoeficiència en els edificis. En l'aïllament en façanes aquest decret aporta els següents canvis:

1. En l'Art. 4, punt 4.1 limita el màxim coeficient mig de transmissió tèrmica de les façanes al valor de **$U < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$** . Al punt 4.2 limita el coeficient de les obertures a un màxim de **$3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

2. En l'Art.6, obliga a obtenir 10 punts emprant dues o més solucions constructives que apareixen en aquest mateix article.

- Reduir el coeficient mitjà de transmissió tèrmica U dels diferents tancaments verticals exteriors en un 10% respecte al paràmetre fixat al 4.1 (4 punts).
- Reduir el coeficient mitjà de transmissió tèrmica U dels diferents tancaments verticals exteriors en un 20% respecte al paràmetre fixat al 4.1 (6 punts).
- Reduir el coeficient mitjà de transmissió tèrmica U dels diferents tancaments verticals exteriors en un 10% respecte al paràmetre fixat al 4.1 (8 punts).
- Construcció de façana ventilada en l'orientació sud-oest ($\pm 90^\circ\text{C}$). (5 punts)
- Aïllament acústic de finestres $> 28 \text{ dB}$ (4 punts).

1.8. Requisits normatius segons la norma UNE-EN 13830:2003

Les façanes ventilades lleugeres han de complir els requisits especificats en la norma europea UNE-EN 13830:2003. Aquesta norma especifica que el seu camp d'aplicació compren únicament façanes lleugeres amb una inclinació d'entre 0° i 15° respecte la vertical.

1.8.1. Resistència a la càrrega de vent

L'acció del vent sobre els edificis es transforma en esforços de pressió i de succió, que es transmeten a l'estructura de l'edifici a través dels punts d'ancoratge previstos a tal efecte.

Segons aquesta norma la fletxa màxima frontal dels elements del "armatzo" principal no poden sobrepassar $L/200$ o 15mm, el que sigui més baix.

Per establir el comportament de la façana davant l'acció del vent en les condicions d'exposició previstes, es deuen seguir els criteris exposats en el document bàsic SE-AE del CTE. A continuació es citen les parts fonamentals d'aquest document:

1.8.1.1 Especificacions de la resistència al vent en el CTE (Document SE-AE)

Acció del Vent: En general un força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, qe, es pot expressar com:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

essent:

q_b la pressió dinàmica del vent. De forma simplificada es pot adoptar en qualsevol punt del territori espanyol el valor de 0,5 Kn/m².

c_e el coeficient d'exposició, variable en funció de l'alçada del punt considerat i en funció del grau d'aspresa de l'entorn on es troba ubicada la construcció, es determina d'acord amb l'establert al punt 3.3.3 d'aquest document.

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

c_p el coeficient eòlic o de pressió, depèn de la forma i de l'orientació de la superfície respecte al vent; un valor negatiu indica succió. El seu valor s'estableix al punt 3.3.4

Tabla 3.4 Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≤ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	0,6	0,7

1.8.2. Pes Propi

Aquest requisit està relacionat amb el document SE-AE del CTE.

La façana lleugera ha de suportar el seu propi pes. Deu de transferir el pes a l'estructura de l'edifici, amb seguretat, per mitjà dels punts d'ancoratge previstos a tal efecte.

Segons aquesta norma la fletxa màxima frontal dels elements del "armazon" principal no poden sobrepassar $L/500$ o 3mm, el que sigui més baix.

1.8.2.1 Especificacions del pes propi en el CTE (Document SE-AE)

Pes propi: Càrrega produïda per la gravetat en la massa dels elements constructius.

El valor característic del pes propi de l'element constructiu, es determinarà, en general com valor característic mitjà obtingut a partir de les dimensions nominals i dels pesos específics mitjos. L'annexa C d'aquest document mostra els pesos de materials, productes i elements constructius típics.

El pes de les façanes i elements de compartimentació, tractats com a acció local, s'assignaran com a càrrega a aquells elements que inequívocament vagin a suportar-los, tenint en compte en el seu cas, la possibilitat de repartiment a elements adjacents.

Anejo C. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno

Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³
Materiales de albañilería		Madera	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
Fábricas		Metales	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
Mampostería con mortero		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	Plásticos y orgánicos	
Sillería		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástic en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	Otros	
Hormigones y morteros		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

⁽¹⁾ En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m³

Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Aislante (lana de vidrio o roca)		Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
por cada 10 mm de espesor	0,02	Tablero de rasilla, una hoja	
Chapas grecadas, canto 80 mm,		una hoja sin revestir	0,40
Acero 0,8 mm espesor	0,12	una hoja más tendido de yeso	0,50
Aluminio, 0,8 mm espesor	0,04	Tejas planas (sin enlistonado)	
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18	ligeras (24 kg/pieza)	0,30
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10	corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
Cartón embreado, por capa	0,05	pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Enlistonado	0,05	Tejas curvas (sin enlistonado)	
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02	ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
Pizarra, sin enlistonado		corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
solape simple	0,20	pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
solape doble	0,30	Vidriera (incluida la carpintería)	
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18	vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
		vidrio armado, 6 mm espesor	0,35

Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación

Material	Peso kN/m ²	Material	Peso kN/m ²
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

Tabla C.4 Peso por unidad de superficie de tabiques

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m ²	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m ²
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor	0,60	Revoco de cal, estuco	0,15
de 90 mm de espesor	1,00	Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañoado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Tabla C.6 Peso específico y ángulo de rozamiento de materiales almacenables y a granel⁽¹⁾

Material	Peso kN/m ³	Ángulo	Material	Peso kN/m ³	Ángulo
Arena	14 a 19	30°	Carbón en leña de trozos	4	45°
Arena de piedra pómez	7	35°	Hulla		
Arena y grava	15 a 20	35°	briquetas amontonadas	8	35°
Cal suelta	13	25°	briquetas apiladas	13	-
Cemento clinker suelto	16	28°	en bruto, de mina	10	35°
Cemento en sacos	15		pulverizada	7	25°
Escoria de altos hornos			Leña	5,4	45°
troceada	17	40°	Lignito		
granulada	12	30°	briquetas amontonadas	7,8	30°
triturada, de espuma	9	35°	briquetas apiladas	12,8	-
Poliéster en resina	12	-	en bruto	7,8 a 9,8	30° a 40°
Poliétileno, poliestirol granulado	6,4	30°	pulverizado	4,9	25° a 40°
Resinas y colas	13	-	Turba negra y seca		
Yeso suelto	15	25°	muy empaquetada	6 a 9	-
Agua dulce	10	-	amontonada y suelta	3 a 6	45°

⁽¹⁾ En la ENV 1990 pueden encontrarse valores adicionales de materiales agrícolas, industriales y otros.

1.8.3. Resistència al impacte

Aquest requisit està relacionat amb el DB SE-AE y el DB SU del CTE.

Quant és requereixi específicament, es realitzaran assajos d'acord al capítol 5 de la norma europea EN 12600. Els resultats es classificaran d'acord amb la norma europea EN 14019.

1.8.3.1 Especificacions de la resistència al impacte en el CTE.

En el DB SE-AE; l'acció de l'impacte de vehicles des de l'exterior de l'edifici, es considerarà on i quan o estableixi l'ordenança municipal. L'impacte des de l'interior es deu de considerar en totes les zones en que el seu ús suposi la circulació de vehicles.

En la secció SU 2 estableix les condicions que deuen de complir els vidres situats en zones considerades de risc, en funció de l'alçada de caiguda. L'apartat que fa referència a aquest paràmetre és "*Impacto con elementos frágiles*"

1.8.4. Permeabilitat a l'aire

Aquest requisit està relacionat amb el DB HE1 i el HS 3 del CTE

La permeabilitat l'aire és la propietat d'una façana lleugera de deixar passar aire quan es troba sotmesa a una pressió diferencial. Es quantifica pel caudal d'aire, expressat en metres cúbics per hora (m³/h), que travessa la façana lleugera per a distintes pressions d'aire.

Els assajos d'una façana lleugera segons la seva permeabilitat a l'aire, es portaran a terme d'acord amb la norma UNE-EN 13830, aquesta especifica que els resultats s'expressaran d'acord amb la norma europea UNE- EN 12152, a excepció de les parts d'obertura de la façana –per exemple, finestres dintre de la façana- que es deuen classificar, segons la norma europea UNE-EN 12207.

Especifica també que, d'acord amb els resultats dels assajos, la façana lleugera amb elements fixos es pot classificar com s'indica a la Taula 1, o alternativament en la Taula 2 .

La Taula 1 expressa la quantitat de aire que penetra a través de la façana lleugera en funció de la superfície total. De forma alternativa, la Taula 2 expressa la quantitat de aire que travessa la façana en funció de la longitud de junta. Aquesta última es refereix a la suma de les longituds de totes les juntes fixes en la façana – totes excepte les dels elements d'obertura- mesurades al llarg de la línia de barrera/segellat a l'aire.

Taula 1- Classes de permeabilitat a l'aire (A) basada en la superfície total

Pressió máxima Pmax(Pa)	Permeabilitat al aire m ³ /m ² ·h	Clase
150	1,5	A1
300	1,5	A2
450	1,5	A3
600	1,5	A4
>600	1,5	AE

Les mostres d'assajos que presentin fuges d'aire >1,5 m³/m²·h a pressions <150 Pa no poden ser classificades.

Les mostres d'assajos que presentin fuges d'aire <1,5 m³/m²·h a pressions >600 Pa es classificaran com a excepcionals (E)

Taula 2- Classes de permeabilitat a l'aire (A) basada en la superfície total

Pressió màxima Pmax(Pa)	Permeabilitat al aire m ³ /m ² ·h	Clase
150	0,5	A1
300	0,5	A2
450	0,5	A3
600	0,5	A4
>600	0,5	AE

Les mostres d'assajos que presentin fuges d'aire >0,5 m³/m²·h a pressions <150 Pa no poden ser classificades.

Les mostres d'assajos que presentin fuges d'aire <0,5 m³/m²·h a pressions >600 Pa es classificaran com a excepcionals (E)

1.8.4.1 Especificacions de la permeabilitat a l'aire en el CTE.

Permeabilitat a l'aire: És la propietat d'una finestra o porta de deixar passar l'aire quan es troba sotmesa a una pressió diferencial.

Una vegada obtinguda la classificació d'acord amb el punt anterior es deu de contrastar el seu resultat amb els valors límit de permeabilitat expressats en m³/h·m² al DB-HE 1 del CTE.

Aquest document en el punt 2.3.3 de Permeabilitat a l'aire diu;

- 3- La permeabilitat a l'aire de les carpinteries, mesurada amb una sobrepressió de 100 Pa, tindrà uns valors inferiors als següents;

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Per les zones climàtiques A y B | 50 m ³ /h·m ² |
| b) Per les zones climàtiques C,D y E | 27 m ³ /h·m ² |

Al punt 3.2.4 Permeabilitat al aire recull;

- 1- Es consideraran vàlids les obertures classificades, segons la norma UNE-EN 12207:2000 i assajades, segons la UNE-EN 1026:2000 per les distintes zones climàtiques:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| a) Per les zones climàtiques A i B | Classe 1/Classe 2,3 i 4 |
| b) Per les zones climàtiques C,D i E | Classe 2/Classe 3 i 4 |

La zonificació climàtica s'estableix en l'apèndix D d'aquest document;

La zona climàtica de qualssevol localitat en la que s'ubiquin els edificis s'obté de la taula D.1 en funció de la diferencia d'alçada entre dita localitat i l'alçada de referència de la capital de província.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	877	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	881	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	19	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	438	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	348	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Meilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	468	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

1.8.5. Estanquitat a l'aigua

Aquest requisit està relacionat amb el DB HS-1.

L'estanquitat a l'aigua és la capacitat de la façana lleugera per resistir la penetració d'aigua.

Els assajos i classificació d'una façana lleugera segons la seva estanquitat a l'aigua es portaran a terme d'acord amb la norma europea UNE-EN 13830. Aquesta especifica que els resultats s'expressaran d'acord amb la norma europea UNE-EN 12154.

No s'hauran de produir fuites d'aigua a la pressió màxima d'assaig (Pmax) durant la seqüència de temps i pressions dels assajos especificats en la Taula 1.

Taula 1: Escalons de pressió

Classe	Escalons de pressió en Pa i duració de l'assaig en minuts Pa/min	Proporció de ruixat d'aigua L/min·m2
R4	0/15;50/5;100/5;150/5	2
R5	0/15;50/5;100/5;150/5;200/5;300/5	2
R6	0/15;50/5;100/5;150/5;200/5;300/5;450/5	2
R7	0/15;50/5;100/5;150/5;200/5;300/5;450/5;600/5	2
Rexxx	0/15;50/5;100/5;150/5;200/5;300/5;450/5;600/5 per damunt de 600/5 en escalons de 150Pa i 5 min	2

Conforme als resultats dels assajos, la façana lleugera es pot classificar com indica la Taula 2.

Taula 2 -Classificació

Màxima pressió d'assaig Pmax en Pa	Classificació
150	R4
300	R5
450	R6
600	R7
>600	Rexxx

1.8.5.1 Especificacions de l'estanquitat l'aigua en el CTE.

Grau d'impermeabilitat: Nombre indicador de la resistència al pas de l'aigua característica d'una solució constructiva definit de tal manera que creix a l'augmentar dita resistència i, en conseqüència, quan major sigui la sol·licitació d'humitat major deu ser el grau d'impermeabilitat de la solució per obtenir al mateix resultat.

El CTE en el seu document bàsic de HS-1 "*Proteccion frente a las humedades*", concretament al punt 2.3.1 exigeix un grau d'impermeabilitat mínim a les façanes davant la penetració d'aigua de les precipitacions, s'obté de la Taula 2.5 en funció de la zona pluviomètrica i del grau d'exposició al vent corresponent al lloc d'ubicació de l'edifici.

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Aquests paràmetres es determinen de la següent forma:

- la zona pluviomètrica s'obté de la taula 2.4
- el grau d'exposició al vent s'obté de la Taula 2.6 en funció de l'alçada de coronació de l'edifici sobre el terreny, de la zona eòlica corresponent al punt d'ubicació, obtinguda de la figura 2.5 , i de la classe de l'entorn en la que està situada l'edificació que serà:

Entorn	Terrenys
EO	Terrenys tipus I, II o III
E1	En els demès casos

Terreno tipo I: Borde del mar o de un lago con una zona despejada de agua (en la dirección del viento) de una extensión mínima de 5 km.

Terreno tipo II: Terreno llano sin obstáculos de envergadura.

Terreno tipo III: Zona rural con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones de pequeñas dimensiones.

Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal.

Terreno tipo V: Centros de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.

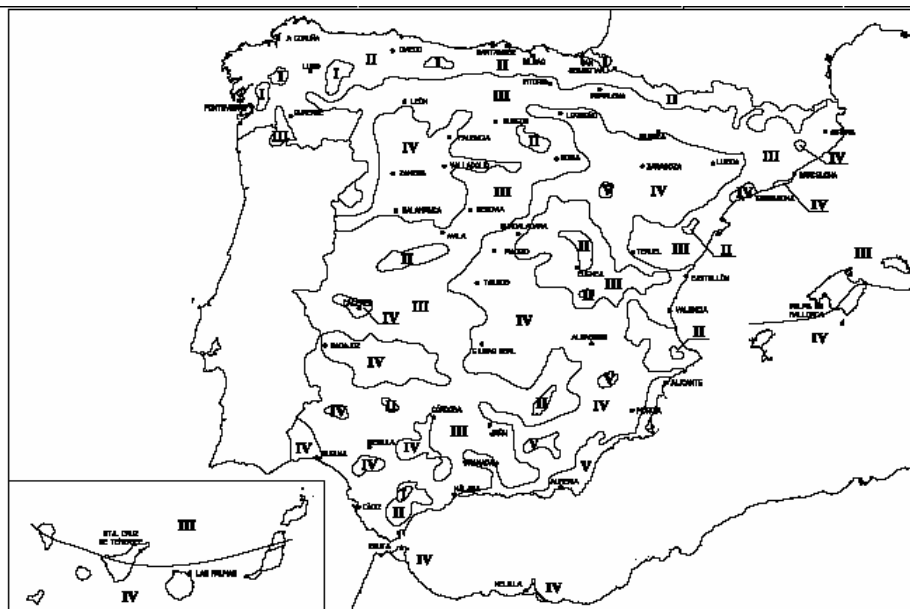


Figura 2.4 Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
Altura del edificio en m	≤15	A	B	C	A	B	C
	16 - 40	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	41 - 100 ⁽¹⁾	V3	V2	V2	V2	V2	V1
		V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

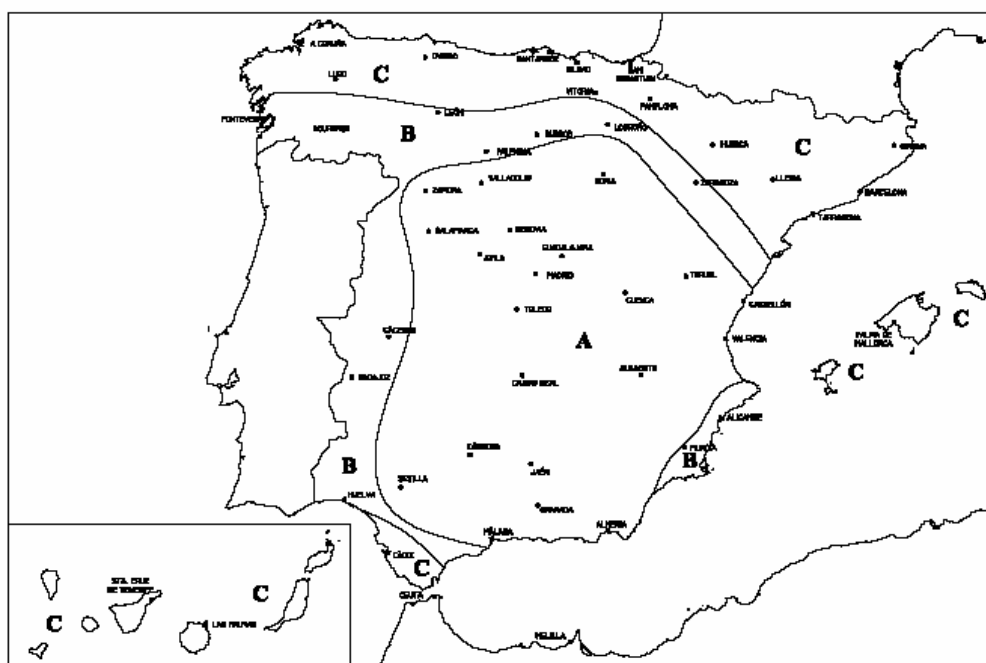


Figura 2.5 Zonas eólicas

El CTE en aquest document (DB HS1), concretament al punt 2.3.2 “*Condiciones de las soluciones constructivas*”, estableix les condicions de les solucions constructives en funció de l'existència o no de revestiment exterior i del grau d'impermeabilitat. Aquestes condicions s'obtenen de la Taula 2.7. En alguns casos aquestes condicions són úniques i en altres es presenten conjunts optatius de condicions.

Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior	Sin revestimiento exterior
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾	C1 ⁽¹⁾ +J1+N1
	≤2		B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1 R1+C2	B2+C1+J1+N1 B1+C2+H1+J1+N1 B1+C2+J2+N2 B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1 R1+B1+C2 R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1 B2+C2+J2+N2 B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1 B3+C1 R1+B2+C2 R2+B1+C1	B3+C1

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

A continuació es mostren les condicions de cada una de les solucions, segons el CTE:

R) Resistencia a la filtración del *revestimiento exterior*:

R1 El *revestimiento exterior* debe tener al menos una resistencia media a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos de las siguientes características:
 - espesor comprendido entre 10 y 15 mm, salvo los acabados con una capa plástica delgada;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - *permeabilidad al vapor* suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la *hoja principal*;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración;
 - cuando se dispone en fachadas con el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliéster.
- revestimientos discontinuos rígidos pegados de las siguientes características:
 - de piezas menores de 300 mm de lado;
 - fijación al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - disposición en la cara exterior de la *hoja principal* de un enfoscado de mortero;
 - adaptación a los movimientos del soporte.

R2 El *revestimiento exterior* debe tener al menos una resistencia alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los revestimientos discontinuos rígidos fijados mecánicamente dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas.

R3 El *revestimiento exterior* debe tener una resistencia muy alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos de las siguientes características:
 - estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - *permeabilidad al vapor* suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la *hoja principal*;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
 - estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.
- revestimientos discontinuos fijados mecánicamente de alguno de los siguientes elementos dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas:
 - escamas: elementos manufacturados de pequeñas dimensiones (pizarra, piezas de fibrocemento, madera, productos de barro);
 - lamas: elementos que tienen una dimensión pequeña y la otra grande (lamas de madera, metal);
 - placas: elementos de grandes dimensiones (fibrocemento, metal);
 - sistemas derivados: sistemas formados por cualquiera de los elementos discontinuos anteriores y un aislamiento térmico.

B) Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B1 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar;
- *aislante no hidrófilo* colocado en la cara interior de la *hoja principal*.

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar y *aislante no hidrófilo* dispuestos por el interior de la *hoja principal*, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- *aislante no hidrófilo* dispuesto por el exterior de la *hoja principal*.

B3 Debe disponerse una barrera de resistencia muy alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes:

- una *cámara de aire ventilada* y un *aislante no hidrófilo* de las siguientes características:

- la càmera debe disponerse por el lado exterior del aislante;
- debe disponerse en la parte inferior de la càmera un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada a la misma (véase el apartado 2.3.3.5);
- el espesor de la càmera debe estar comprendido entre 3 y 10 cm;
- deben disponerse aberturas de ventilación cuya área efectiva total sea como mínimo igual a 120 cm² por cada 10 m² de paño de fachada entre forjados repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior. Pueden utilizarse como aberturas rejillas, llagas desprovistas de mortero, juntas abiertas en los revestimientos discontinuos que tengan una anchura mayor que 5 mm u otra solución que produzca el mismo efecto.
- revestimiento continuo intermedio en la cara interior de la *hoja principal*, de las siguientes características:
 - estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la *hoja principal*;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
 - estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.

C) Composición de la *hoja principal*:

- C1 Debe utilizarse al menos una *hoja principal* de espesor medio. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:
- ½ pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista *revestimiento exterior* o cuando exista un *revestimiento exterior discontinuo* o un aislante exterior fijados mecánicamente;
 - 12 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.
- C2 Debe utilizarse una *hoja principal* de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:
- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista *revestimiento exterior* o cuando exista un *revestimiento exterior discontinuo* o un aislante exterior fijados mecánicamente;
 - 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

H) *Higroscopicidad* del material componente de la *hoja principal*:

- H1 Debe utilizarse un material de *higroscopicidad* baja, que corresponde a una fábrica de:
- ladrillo cerámico de *absorción* $\leq 10\%$, según el ensayo descrito en UNE 67 027:1984;
 - piedra natural de *absorción* $\leq 2\%$, según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

- J) Resistència a la filtració de les juntes entre les peces que componen la *hoja principal*:
- J1 Les juntes deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;
 - J2 Las juntas deben ser de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero con adición de un producto hidrófugo, de las siguientes características:
 - sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;
 - juntas horizontales llagueadas o de pico de flauta;
 - cuando el sistema constructivo así lo permita, con un rejuntado de un mortero más rico.
- Véase apartado 5.1.3.1 para condiciones de ejecución relativas a las juntas.
- N) Resistència a la filtració del revestiment intermediari en la cara interior de la *hoja principal*:
- N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.
 - N2 Debe utilizarse un revestimiento de resistencia alta a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes con un espesor mínimo de 15 mm o un material adherido, continuo, sin juntas e impermeable al agua del mismo espesor.

Atenent a les condicions descrites al punt B3, podem dir que els sistemes de façana ventilada, amb aïllament no hidròfil col·locat per l'exterior gaudeixen de la màxima classificació.

1.8.6. Atenuació del soroll aeri

Aquest requisit està relacionat amb la NBE-CA, i amb el futur DB HR "*Protección frente al ruido*", que actualment es troba en procés d'esborrany i que en el futur derogarà la norma anterior

Entenem com **aïllament acústic**, aquella prestació o característica de determinats elements constructius que proporciona una reducció dels nivells de soroll entre els recintes que separa.

S'entén com a **soroll aeri** al soroll format per fonts que generen soroll directament en l'aire o bé els que han segut transmesos al mateix temps pels elements de l'edifici.

Quan es requereixi específicament, l'índex d'atenuació acústica R_w serà determinat per assaig d'acord amb la norma UNE-EN ISO 140-3.

1.8.6.1 Especificacions a l'atenuació del soroll al CTE

Les façanes que separen un recinte habitable de l'exterior de l'edifici deuen tenir les característiques que li proporcionin un aïllament acústic adequat al soroll aeri. Fins que s'aprovi el document relatiu al soroll, el DB HR, continuarà aplicant-se la NBE-CA.

La NBE-CA (Norma Bàsica de Condicions Acústiques) defineix aquest aïllament com l'aïllament global de la façana, pel que exigeix un valor mínim de **30 dBA**. És necessari consultar la normativa autonòmica o local en matèria acústica per determinar les exigències de la fusteria a aquest respecte, podent ésser majors aquests requeriments que els de l'actual NBE-CA o que el propi CTE.

L'expressió analítica per determinar l'aïllament acústic global segons la NBE-CA es:

$$a_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}}$$

$$a_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}}$$

On;

Ag Aïllament acústic global de la façana

av Aïllament acústic de la part semitransparent (acristalaments)

ac Aïllament acústic de la part cega (panell)

sv Superfície (percentual) ocupada per la part semitransparent

sc Superfície (percentual) ocupada per la part cega

L'esborrany del DB HR que es troba en, estat de redacció serà molt més restrictiu i inclourà paràmetres quantificadors en funció de l'ús de l'edifici i en funció del nivell sonor equivalent dia (Ld) de la zona on s'ubiqui l'edifici. La taula 2.1 mostra els futurs nivells d'aïllament acústic del DB HR.

Tabla 2.1 Valores de aislamiento a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior

Ld dB	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Salas de lectura	Aulas
≤ 57	30	30	30	30
≤ 58	30	30	30	30
≤ 59	31	30	30	30
≤ 60	32	30	30	30
≤ 61	33	30	30	30
≤ 62	34	30	30	30
≤ 63	35	30	30	30
≤ 64	36	31	31	30
≤ 65	37	32	32	30
≤ 66	38	33	33	30
≤ 67	39	34	34	30
≤ 68	40	35	35	30
≤ 69	41	36	36	31
≤ 70	42	37	37	32
≤ 71	43	38	38	33
≤ 72	44	39	39	34
≤ 73	45	40	40	35
≤ 74	46	41	41	36
≤ 75	47	42	42	37

Per al correcte disseny i dimensionat dels elements constructius que proporcionin l'aïllament acústic al soroll aeri, es deuen de conèixer els valors de la massa per unitat de superfície (m), l'índex global de reducció acústica ponderat A (Ra). A partir d'aquests valors s'optarà per una de les opcions que figuren a continuació:

- a) Opció Simplificada
- b) Opció General

a) Opció Simplificada; les solucions es presenten en forma de taules que recullen els valors mínims dels paràmetres obtinguts mitjançant assajos en laboratoris que deuen complir cada un dels elements constructius, per què l'aïllament acústic proporcionat sigui el requerit. En la taula 3.8 s'expressen els valors mínims que hauran de complir els paràmetres que defineixen les obertures i la part cega de la façana, en funció dels valors límit d'aïllament acústic entre un recinte protegit i l'exterior.

Tabla 3.8 Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior

$D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega R_{Atr} dBA	Huecos $R_{A,tr}$ dBA Porcentaje de huecos			
		De 0 a 15%	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 60 a 100%
30	45	22	25	28	30
32		24	27	30	32
34		26	29	32	34
36	50	28	31	34	36
38		30	33	36	38
40		32	35	38	40
42	57	34	37	40	42
44		36	39	42	44
46		38	41	44	46
48		40	43	46	48

b) Opció General; l'opció general conté un procediment de càlcul basat en la UNE EN 12354 parts 1,2 i 3. Com alternativa de càlcul a l'opció general podrà emprar-se el programa informàtic oficial o de referència que té la consideració de Document Reconegut del CTE.

1.8.7. Transmissió Tèrmica

Aquest requisit està relacionat amb el DB HE 1 del CTE.

Amb la finalitat de limitar la demanda energètica de l'edifici, el CTE estableix uns valors límits de la transmissió tèrmica i el factor solar modificat de les obertures de l'envoltant tèrmica de l'edifici, en funció de les zones climàtiques.

La transmissió tèrmica d'una façana lleugera és el flux de calor en regim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatura de medis situats a cada costat de l'element que es considera. Depèn de la conductivitat tèrmica dels materials que la componen, i del gruix dels mateixos.

El factor solar F_H com el quocient entre l'energia tèrmica que s'introdueix en un edifici a través de l'acristalament i la que s'introduiria si l'acristalament és substituït per una obertura totalment transparent. És de gran importància, degut a què, en gran part de la nostra geografia, donada la seva climatologia, l'edificació està sotmesa a fortes radiacions solar i, per tant, les aportacions d'energia a l'interior de l'edifici a través de l'acristalaments poden ser elevades.

Els mètodes d'acreditació i càlcul de la transmissió tèrmica de la façana lleugera, i els apropiats mètodes d'assaig es defineixen en el prEN 13947.

1.8.7.1 Especificacions de la transmitància tèrmica al CTE

Per comprovar el compliment de les exigències bàsiques establertes en la secció HE 1 “Limitación de la demanda energética” del CTE de la façana ventilada lleugera, el CTE proposa dos procediments:

- a) L'opció simplificada
- b) L'opció general

a) Opció Simplificada: Consisteix en limitar la demanda energètica de l'edifici d'una manera indirecta, mitjançant l'establiment de determinats valors límits dels paràmetres de transmitància tèrmica U i del factor solar modificats dels components de la envoltant tèrmica. Els mètodes de càlcul i els valors límit venen especificats al CTE.

b) Opció General: Consisteix en limitar la demanda energètica dels edificis de manera directa, avaluant dita demanda mitjançant mètodes de càlcul hora a hora, en regim estacionari, del comportament tèrmic de l'edifici, tenint en compte de manera simultània les sol·licitacions exteriors i interiors i considerant els efectes de la massa tèrmica. El mètode de càlcul de l'opció general es formalitza a través d'un programa informàtic oficial o de referència, denominat LIDER (Limitación de la Demanda Energetica), que tindrà la consideració de document reconegut del CTE.

El CTE estableix també els valors límits de les obertures, que depèn de les característiques de la façana lleugera i de l'ús de l'espai referint-se a alta o baixa càrrega interna. Per poder emprar aquests valors – opció simplificada –, el percentatge d'obertures de cada façana deu ser inferior al 60% de la seva superfície. Com a excepció, s'accepten percentatges superiors al 60% en les façanes que suposin un percentatge inferior al 10% de l'àrea total de les façanes de l'edifici.

La primera especificació del document HE del CTE apareix en l'apartat 2 *Demanda energètica, paràgraf 4*

4 Per evitar descompensacions entre la qualitat tèrmica dels diferents espais, cada un dels tancaments i particions interiors de la envoltant tèrmica tindrà una transmitància no superior als valors indicats en la Taula 2.1 en funció de la zona climàtica en la que s'ubiqui l'edifici.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envoltante térmica
 U en $W/m^2 K$

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

Per exemple; Per un edifici ubicat en la zona E, s'haurà de complir

$$U_H \leq 3,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_P \leq 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aquesta opció es valida tant si s'utilitza l'opció simplificada com la general.

La demanda energètica es limita en funció del clima de la localitat en la que s'ubiquen, segons la zonificació climàtica establerta en l'apartat 3.1.1 i de la càrrega interna en els seus espais.

A més al paràgraf 2 diu; *la demanda energètica serà inferior a la corresponent a un edifici en el que els paràmetres característics dels tancaments i particions interiors que componen la envoltant tèrmica, siguin els valors límits establerts en les taules 2.2.*

ZONA CLIMÀTICA A4

Transmitancia limite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia limite de suelos $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia limite de cubiertas $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado limite de lucernarios $F_{Llim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia limite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado limite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

Per exemple; En la zona climàtica A4

U_{Mlim} inferior serà de 0,94 W/m2K

La formula analítica per obtenir la U mitjana del tancament és ;

FACHADAS	M_1	Muro en contacto con el aire	U_{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	$U_{Mm} \leq U_{Mlim}$
	M_2	Muro en contacto con espacios no habitables	U_{M2}		
	P_{F1}	Puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m ²)	U_{PF1}		
	P_{F2}	Puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m ²)	U_{PF2}		
	P_{F3}	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m ²)	U_{PF3}		
	H	Huecos	U_H	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	$U_{Hm} \leq U_{Hlim}$
			F_H	$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	$F_{Hm} \leq F_{Hlim}$

1.8.8. Resistència al Foc

Aquest requisit està relacionat amb el DB SI del CTE.

La resistència al foc és la capacitat que té un element de construcció per a mantenir durant un període de temps determinat la funció portant que li sigui exigible, així com la integritat i/o l'aïllament tèrmic en els termes especificats a l'assaig normalitzat corresponent.

La resistència al foc d'una façana lleugera tradicional es calificarà segons la norma europea UNE-EN 13501-2.

D'acord amb el CTE, la compartimentació de l'edifici en sectors és una de les mesures més útils per a confinar el foc i evitar la seva ràpida propagació a tot l'edifici. La façana és pròpiament un element directament delimitador del sector d'incendi, donat que el foc és voluble en la seva forma i transmissió del pot aprofitar la façana com a drecera per passar a una planta superior.

1.8.8.1 Especificacions de la resistència al foc al CTE

En quant a la transmissió horitzontal, la secció SI 2 de "*Propagación exterior*" del CTE especifica que, amb la finalitat de limitar el risc de propagació horitzontal de l'incendi a través de la façana –ja sigui entre edificis o bé entre dos sectors d'incendi d'un mateix edifici, entre zones de risc especial alt i altres zones o cap a una escala o passadís protegit des d'altres zones -, els punts de les dues façanes que no siguin al menys EI 60 deuen estar separades la distància d que s'indica a continuació, com a mínim, en funció de l'angle α format pels plans exteriors de dites façanes

α	0° ⁽¹⁾	45°	60°	90°	135°	180°
d (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

⁽¹⁾ Refleja el caso de fachadas enfrentadas paralelas

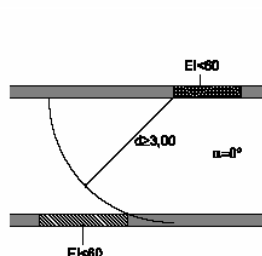


Figura 1.1. Fachadas enfrentadas

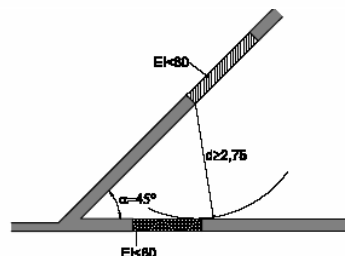


Figura 1.2. Fachadas a 45°

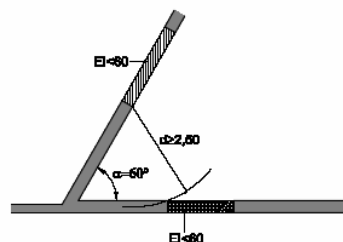


Figura 1.3. Fachadas a 60°

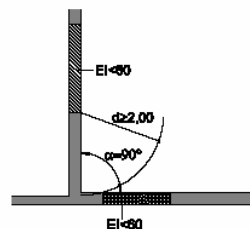


Figura 1.4. Fachadas a 90°

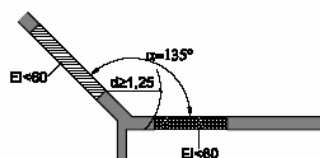


Figura 1.5. Fachadas a 135°

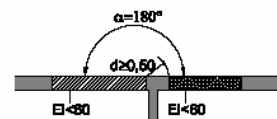


Figura 1.6. Fachadas a 180°

Amb la finalitat de limitar el risc de propagació vertical de l'incendi per façana entre dos sectors d'incendi, aquesta façana haurà de ser al menys EI 60 en una franja de 1m d'alçada, com a mínim, mesurada sobre el pla de la façana (figura 1.7). En cas d'existir elements sortints aptes per impedir el pas de les flames, l'alçada d'aquesta franja podrà reduir-se en la dimensió del sortint (figura 1.8).

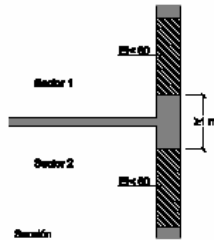


Figura 1.7 Encuentro forjado-fachada

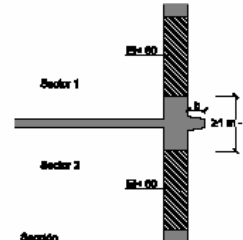


Figura 1.8 Encuentro forjado-fachada con saliente

1.8.9. Reacció al foc

Quan es requereixi específicament, la reacció al foc dels materials es classificarà d'acord amb la norma europea UNE-EN 13501-1. El CTE en la secció DB SI 2 especifica el següent:

“La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupan más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será **B-s3 d2** en aquellas fachadas cuyo arranque sea accesible al público, bien desde el exterior o bien desde una cubierta, así como en toda fachada cuya altura exceda de 18m”

1.8.10. Altres requeriments importants

Propagació del foc: Quan es requereixi específicament, la façana lleugera incorporarà interruptors de foc i fum, tants com siguin necessaris per prevenir la transmissió del foc o del fum a través de les obertures en la construcció de la façana lleugera.

Durabilitat: Les façanes lleugeres compliran amb el especificat a la norma europea UNE-EN 13830. La durabilitat de prestacions de qualssevol característica de la façana lleugera no és sotmet a assaig, si no que està associada als resultats de la conformitat dels materials. El fabricant deuria d'editar les recomanacions relatives als requisits de manteniment.

Permeabilitat al vapor d'aigua: Aquest requisit està relacionat amb el DB HE1 del CTE. Compliran amb l'especificat a la UNE –EN 13830.

Equipotencialitat: Compliran l'especificat a la norma europea UNE-EN 13830. Quan específicament es requereixi, els components metàl·lics de la façana lleugera deuen estar mecànicament lligats entre sí, i a l'estructura de l'edifici, per proporcionar una connexió equipotencial amb el circuit de posta a terra de l'edifici. Es requereix en totes les façanes lleugeres amb parts metàl·liques, instal·lades en edificis d'alçades superiors a 25m . La resistència elèctrica de la connexió de la façana lleugera no deu sobrepassar 10 Ω , quan s'assaja d'acord amb la norma.

Resistència al xoc sísmic: Quan específicament es requereixi, la resistència al xoc sísmic serà determinada d'acord amb les especificacions tècniques, i d'acord amb la NCSE-94, aquesta exigeix en zones susceptibles al transit, que la fixació i l'ancoratge del revestiment es realitzi amb materials d'alta durabilitat i mitjançant tècniques apropiades per evitar el despeniment del revestiment en cas de sisme.

Resistència al xoc tèrmic: Les façanes ventilades lleugeres compliran amb l'especificat a la norma europea UNE-EN 13830.